



Специальный выпуск -
материалы
V международной
научно-технической
конференции

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТЕХНОСФЕРА НА РУБЕЖЕ XXI ВЕКА

ТОМ 3

Международный
сборник научных трудов

ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И
СИСТЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Выпуск 6



МАШИНОСТРОЕНИЕ - 98

ДОНЕЦК - 1998

Министерство образования Украины
Министерство Украины в делах науки и технологий
Украинское отделение Международной академии наук высшей школы
Донецкая областная и городская администрации
Брянский, Донецкий и Севастопольский
государственные технические университеты
Острровский и Силезский технические университеты
Портсмутский университет, Таганрогский радиотехнический университет
Научно-технический союз машиностроения Болгарии
Донецкий институт холодильной техники
Институт международного сотрудничества
Научный центр проблем механики машин НАН Беларуси
Севастопольский строительный техникум
Фонд поддержки прогрессивных реформ
Брянский АО НИИ «Изотерм», Корпорация «УКРУТЛЕМАЦ»
АО «Буран», АО «ДЗГА», АО «НОРД»
АОЗТ «1-й Донецкий авторемзавод»

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТЕХНОСФЕРА НА РУБЕЖЕ XXI ВЕКА

Материалы

V международной научно-технической конференции
8-11 сентября 1998 г. в городе Севастополе

ТОМ 3



Донецк-1998

Прогрессивные технологии и системы машиностроения. Международный сб. научных трудов: Специальный выпуск - Материалы V международной научно-техн. конф. «Машиностроение и техносфера на рубеже XXI века» в г. Севастополе 8-11 сентября 1998 г. в 3-х томах. Т.3- Донецк: ДонГТУ. Вып.6, 1998. - 372 с.

В сборнике научных трудов помещены материалы V международной научно-технической конференции «Машиностроение и техносфера на рубеже XXI века», отражающие научные и практические результаты в области обработки изделий прогрессивными методами, представлены современные достижения и перспективные направления развития технологического оборудования, металлорежущего инструмента и оснастки. Рассмотрены отдельные аспекты автоматизации производственных процессов, надежности технологического оборудования, управления качеством и диагностики технических систем. Приведены сведения об особенностях моделирования и экономических проблемах производства.

Предназначен для научно-технических работников, ИТР и специалистов в области машиностроения.

Редакционная коллегия:

Михайлов А.Н. (председатель), Калафатова Л.П. (зам. председателя), Бутенко В.И., Гейер Г.В., Войнаровски Ю., Гусев В.В., Данек Я., Зарубицкий Е.У., Малышко И.А., Матюха П.Г., Мизин Б.М., Навка И.П., Новоселов Ю.К., Оливер Т., Струтинский В.Б., Седуш В.Я., Сопилкин Г.В., Сулов А.Г., Тернюк Н.Э.

Адрес редакционной коллегии:

Украина, 340000, г. Донецк, ул. Артема, 58, ДонГТУ, кафедра ТМ,
Редакционная коллегия сборника
Тел. (0622) 93-60-02, факс. (0622) 92-12-78.
E-mail: mikhayl@iic.dgtu.donetsk.ua
<http://www.dgtu.donetsk.ua>

ISBN 5-7763-8320-X

ISBN 5-7763-8317-X

© Донецкий государственный
технический университет, 1998 г.

ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЗУБЧАТЫХ МУФТ ИЗМЕНЕНИЕМ ПОДАТЛИВОСТИ ВТУЛКИ

Польченко В.В., Соловей А.В. (ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

The resize of exploitation properties of toothed doupling is achieved by increasing of tooth rigidity. This effect is affirmed by experimental researches.

Одним из факторов, определяющим работоспособность и долговечность соединительных компенсирующих зубчатых муфт, является число зубьев, участвующих в передаче крутящего момента. В реальной муфте под нагрузкой образуются две контактные зоны зубьев обоймы и втулки. Величина контактной зоны зависит от различных факторов и, в том числе, от податливости зубьев, определяющих их деформацию [1].

Деформация зубьев складывается из частных деформаций изгиба, контактного сжатия и перемещения, обусловленного деформацией прилегающей к зубу части обода. С увеличением деформаций увеличивается число зубьев, передающих нагрузку. Для увеличения прочности зубьев по изгибным и контактным деформациям обойму и втулку подвергают термоупрочнению, что снижает податливость зубьев и уменьшает контактную зону. Налицо диалектическое противоречие, которое может быть разрешено изменением конструкции зубчатой втулки с увеличенной податливостью обода.

Для учета влияния конструкции обода втулки был проведен эксперимент по определению распределения нагрузки между зубьями зубчатых муфт. Эксперимент проводился на моделях муфт, изготовленных из оптически-активного материала. Испытано восемь конструкций обода втулки. Эталоном для сравнения принят дискообразный сплошной зубчатый венец.

С целью уменьшения влияния неточности изготовления зубьев, эксперимент проводился на двух моделях втулок с постепенным изменением конструкции обода втулки точением на токарном станке. Количество зубьев, передающих нагрузку на наружном и внутреннем торцах, подсчитывалось в поляризованном свете.

Установлено, что зоны контакта более равномерны при симметричной конструкции обода втулки. Изменением податливости обода можно увеличить контактную зону до 40% без снижения прочности обода. Увеличение контактной зоны приводит к снижению нагрузки на зубьях, но увеличивает путь трения. Взаимное сочетание этих параметров определяет интенсивность износа зубьев муфты.

Список литературы: 1. Польченко В.В., Михайлов А.Н. Износ в зубчатых муфтах // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: сб. научн. трудов.- Донецк: ДонГУ, 1997.- Вып. 4.- с.131-135.

АЛМАЗНОЕ ШЛИФОВАНИЕ НАПАЙНОГО ИНСТРУМЕНТА ШЛИФОВАЛЬНЫМИ КРУГАМИ С УПРАВЛЯЕМЫМ РАБОЧИМ ПРОФИЛЕМ

Польшаков В. И. (ЧГИЭУ, г. Чернигов, Украина)

The joint grinding of the steel body and the hard-alloyed head of the welding-on instrument is accomplished by interrupted built-up diamond wheels containing diamond segments with different axial rigidity.

Алмазное шлифование - наиболее эффективный процесс при обработке твердого сплава, керамики и других трудно обрабатываемых материалов. Обработка напайного твердосплавного инструмента, например, резцов для автоматических линий (ТУ 2-036-491-76), выпускаемых инструментальными заводами в массовом количестве, является большой проблемой из-за засаливания рабочей поверхности круга, вследствие совместной обработки двух материалов с разными физико-механическими характеристиками.

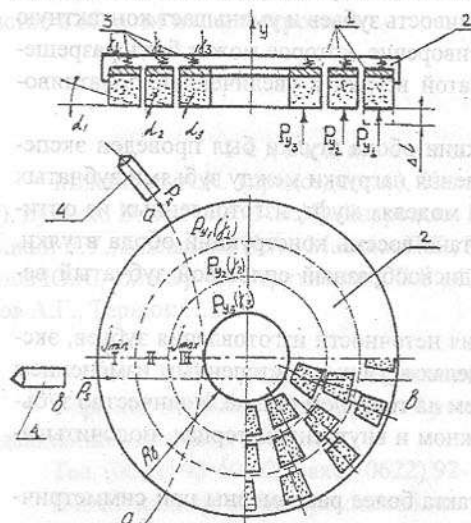


Рис. 1. Схема упругой обработки инструмента: 1 - алмазные сегменты; 2 - стальной корпус; 3 - упругие элементы; 4 - напайной резец.

Нами был разработан сборный шлифовальный круг с управляемым рабочим профилем (рис.1) для эффективного совместного шлифования твердого сплава и стали, состоящий из алмазных сегментов 1, стального корпуса 2, упругих элементов 3. Напайной резец 4 может двигаться по прямолинейной или круговой траектории.

Известно, что при торцевом шлифовании

$$h = f(P_y), \quad (1)$$

где h - линейный износ шлифовального круга; P_y - нормальная составляющая силы резания.

Известно, что

$$P_y = f(J_y), \quad (2)$$

где J_y - жесткость инструмента в направлении оси шпинделя (ОУ).

Тогда,

$$h = f(J_y). \quad (3)$$

Изменяя J_y , можно менять P_y и h , а, следовательно добиваться такого результата, когда линейный износ во всех точках шлифовального круга будет постоянным ($h = \text{const}$). Это обеспечит плоскостность рабочей поверхности круга в процессе шлифования.

Способы регулировки P_y за счет изменения осевой жесткости упруго-демпфирующих элементов могут быть различные. Алмазные сегменты, осуществляющие процесс прерывистого шлифования на шлифовальной головке, располагаются по трем concentрическим окружностям и имеют различную осевую жесткость - максимальную в центре и уменьшающуюся к периферии круга.

Жесткость для каждого ряда упругих элементов, расположенных по concentрической окружности определяется согласно зависимости

$$J_y = J_{yи} \left(\frac{a}{R^n} - b \right), \quad (4)$$

где $J_{yи}$ - жесткость шпиндельного узла в осевом направлении;

R - радиус concentрической поверхности, на которой расположен упругий и шлифующий элементы;

a, b, n - коэффициенты, учитывающие механические характеристики шлифовального круга и обрабатываемого материала.

Например, при алмазной обработке группы твердых сплавов на точных станках, коэффициент, a изменяется в пределах $185,5 \dots 1,51943 \cdot 10^5$, b в пределах $0,58 \dots 2,47$, n в пределах $1 \dots 3$, осевая жесткость шпиндельного узла $J_{yи} = 7 \dots 9 \cdot 10^7$ Н/м.

Для предотвращения удара при врезании шлифовальных сегментов в заготовку, последние расположены под углом α , к горизонтальной плоскости в радиальном направлении. Причем, величина угла α уменьшается от $5 \dots 8^\circ$ для периферийных элементов до нуля в калибрующей зоне. В направлении, перпендикулярном к радиальному шлифующие элементы расположены под углом β , изменяющихся в тех же пределах и по тому же закону, что и угол α .

При подаче напайного резца в зону шлифования при обработке его передней поверхности он должен двигаться тыльной стороной, т. е. внача-

ле должна обрабатываться стальная державка из стали 50ХФА, а затем твердосплавная головка из сплава Т5К10. Твердость материала державки (HRC48) меньше, чем у твердого сплава (HRA87), поэтому первую зону шлифования настраивают на обработку стальной державки, а вторую на шлифование твердосплавной головки, третья зона калибрующая.

Осевая жесткость шлифовального сегмента

$$J_y = f(HRC) \quad \text{или} \quad J_y = \eta \sqrt{k HRC}, \quad (5)$$

где HRC - твердость заготовки; (1 зона - $J_{y1} = 2 \cdot 10^3$ Н/м, 2 зона - $J_{y2} = 2 \cdot 10^4$ Н/м, 3 зона - $J_{y3} = 4 \cdot 10^7$ Н/м).

η , k - коэффициенты, зависящие от механических характеристик заготовки и круга.

Осевая сила резания

$$P_y = \Delta l \cdot J_y = \eta \sqrt{k HRC}, \quad (6)$$

Тогда жесткость

$$J_y = \frac{\eta \sqrt{k HRC}}{\Delta l}, \quad (7)$$

где Δl - осевое упругое перемещение режущего элемента. При условии плоскостности режущего профиля, $\Delta l = \text{const}$ для всех зон.

Радиус режущего элемента

$$R_e = \frac{f}{f_y \rho}, \quad (8)$$

где f и ρ - коэффициенты, учитывающие механические характеристики шлифовального круга и заготовки.

Тогда после подстановки определим радиус элемента

$$R_e = \frac{\Delta l f}{\rho \eta \sqrt{k HRC}}. \quad (9)$$

Выводы. Зная величину твердости материала, можно из формул (6, 7, 9) определять составляющую силы резания (P_y) и рассчитывать радиусы концентрических окружностей зон резания шлифовальной головки.

МОДЕЛЬ ДИНАМИЧЕСКОГО УЧЕТА ФОНДООТДАЧИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Попов М.И., Назимко Е.В.

(Луганская областная администрация, ДонГТУ, г. Луганск, г. Донецк, Украина)

Dynamic model for planing of basic funds in machine-building plant has been developed. This model analyses efficiency of current state of equipment under

stochastic condition. It allows to take relevant measures and to determine expenditures for timely rehabilitation of equipment.

Оценка эффективности машин в течение их жизненного цикла является одной из наиболее актуальных проблем машиностроения [1].

Авторами проведен анализ показателей работы современного машиностроительного завода с учетом стохастического поведения фондоотдачи машиностроительного оборудования [2]. Модель основана на потоковых алгоритмах и реализована в виде компьютерной имитационной модели с помощью теории графов. Новая техника сочетает анализ в деталях и одновременно изучение динамического поведения объекта как целого.

Одним из

параметров, стохастичным по своей природе, является динамика амортизации. Она зависит от разных факторов: повреждение оборудования, его плановый или экстренный



Рис.1 Динамика изменения амортизации.

ремонт, условия местонахождения и эксплуатации и многое другое. В связи с этим каждый год размер фондоотдачи меняется: оборудование становится устаревшим, несовершенным, низкоэффективным или выходит из строя. Таким образом, динамика остаточной стоимости тоже меняется и на

нее влияют те же параметры, что и на динамику амортизации.



Рис.2 Динамика изменения стоимости основных фондов.

На рисунках 1, 2 показано изменение амортизационных отчислений и остаточной стоимости шлифовального станка при первоначальной стоимости 10 тыс. у.е. и разных условиях эксплуатации. Кривая 1 - это равномерная амортизация, кривая 2

показывает ее изменения при капитальном ремонте станка на 13-ом году эксплуатации, кривая 3 отражает динамику амортизации при разовом повреждении станка на 6-ом году эксплуатации, а кривая 4 показывает изменение амортизационного отчисления при реальных условиях, когда в течении жизненного цикла станка случаются несколько повреждений и один капитальный ремонт. Как видим, все случайные повреждения и плановые ремонты существенно изменяют как амортизацию, так и остаточную стоимость станочного парка вообще.

Необходимо так же принять во внимание, что машиностроительное оборудование может быть куплено совершенно новым или уже бывшим в употреблении. Размер амортизации у двух таких типов оборудования будет разным, у второго, естественно, ниже. Если же постаревшее оборудование улучшить и модернизировать, то поднимется и его амортизация, и остаточная стоимость. Повреждения могут быть различными по своей значительности и происходить в непредсказуемые моменты времени. Все это можно собрать вместе, проанализировать и смоделировать только с помощью современной компьютерной динамической модели, разработанной для учета фондоотдачи машиностроительного оборудования [2].

На рисунке 3 представлены результаты работы такой модели при следующих начальных условиях: в цехе работают три станка с начальной стоимостью 10, 15, 20 тыс. у.е. В процессе работы производится их разовый капитальный ремонт, восстанавливающий их стоимость на 2-5 тыс. у.е. Кроме того, в течении жизненного цикла станков возникают повреждения различной тяжести, скачкообразно уменьшающие их стоимость на 300-2000 у.е. Дан суммарный график по трем станкам. Видно, что с 7-го по 12-й и свыше 18-го годов отмечается недопустимый уровень износа этого станочного парка. При этом считается, что при суммарной остаточной стоимости парка в 10 тыс. у.е. обеспечивается еще достаточная надежность его работы.



Рис.3. Динамика изменения остаточной стоимости станков.

Распределение повреждений во времени, их тяжесть в стоимостном выражении получают предварительно по результатам статистической обработки данных периодической инвентаризации станочного парка. Эти результаты используются в качестве

исходных данных для работы разработанной авторами модели имитационного динамического моделирования.

Данная модель позволяет оперативно оценивать текущее состояние и дает возможность планировать меры и объемы средств для своевременного восстановления, а также определять критический минимальный уровень остаточной стоимости, при которой можно обеспечить работу данного станочного парка или машиностроительного завода в целом с заданным уровнем надежности.

Список литературы: 1. Старик Д. Э., Родченко В. И., Сергеев С. А. Экономическая эффективность машин: критерии и методы оценки. - М.: Машиностроение, 1991- 206 с. 2. Назимко В.В., Назимко Е.В. Термодинамический подход к численной модели национальной экономики / Деп. в ГНТБ Украины 24. 11.97. № 559 – УК97, 39 с.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАТРАТ В ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Попов М. Е., Сиротенко О. О. (ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, Россия)

Известные приближенные методы оценки затрат на ранних стадиях проектирования изделия не обеспечивают достаточной надежности прогнозов технико-экономической эффективности разработки и постановки новых изделий на производство. Данные методы и модели, также, не приспособлены для интеграции их в системы автоматизированного проектирования конструкций.

Предлагаемый метод определения затрат основан на интеграции конструкторского и технологического проектирования и позволяет по известным сведениям о конструктивно-технологических признаках изделия осуществить расчет ожидаемых материальных и трудовых затрат. Сущность метода состоит в том, что параллельно с проектированием конструкции осуществляется сокращенное нормативное прогнозирование наиболее вероятной и рациональной технологии изготовления изделия и расчет на этой основе ожидаемых материальных и трудовых затрат на изготовление изделия.

Прогнозирование наиболее вероятной технологии изготовления изделия осуществляется при помощи экспертной системы, основанной на продукционной модели знаний. Экспертная система состоит из двух программ - подготовительной и исполнительной. Подготовительная программа предназначена для формирования файла базы знаний. База знаний может

быть представлена в виде дерева решений, включающего в себя определенное количество ветвлений, соответствующих вариантам ответов, и выводы.

Однажды сформированный, для определенного типа задач, файл базы знаний может быть многократно использован в исполнительной программе, предназначенной для поиска логических путей решения.

Расчет ожидаемых материальных и трудовых затрат, выраженных в себестоимости изделия, осуществляется по поэлементному методу определения себестоимости на основании маршрутов обработки и сборки, выбранных экспертной системой.

Предлагаемый метод оценки затрат может быть успешно включен в систему автоматизированного проектирования конструкций. Результаты расчета обладают высокой чувствительностью практически к любым усовершенствованиям, которые могут быть предложены в процессе разработки конструкции изделия.

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА

Просвирнин И. И., Аминов Н. М., Солдаткин В. М.
(КГТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань, Россия)

Suggests strategy of building of algorithms for landing control of aeroplane with using the informative functions of safety of flight mode. Puts equations for software realisation of algorithms of management and results of modelling and confirms their efficiency.

Для обеспечения безопасности полета в возможных нештатных ситуациях на летательных аппаратах, в частности на самолетах, используются специальные средства предупреждения критических режимов [1]. Широкие перспективы открывает применение бортовых информационно-управляющих систем обеспечения безопасности полета (ИУС ОБП) [2], решающих задачи обнаружения и предупреждения особых ситуаций, эффективной перестройки алгоритмов управления и принятия решений по изменению режима полета по критерию безопасности.

В докладе рассматривается методика построения алгоритмов управления с учетом критерия безопасности применительно к режиму посадки самолета в неспокойной атмосфере.

Система уравнений, описывающая продольное движение самолета при посадке, в общем виде представляется системой нелинейных дифференциальных уравнений вида:

$$\frac{dx_i}{dt} = f_i(X, U, W, t) \quad (i = \overline{1, n}), \quad (1)$$

где X - вектор фазовых координат x_i , U - вектор управления, W - вектор действующих возмущений.

За критерий качества при реализации канала управления ИУС ОБП предлагается использовать информативную функцию Φ_{as} , характеризующую вероятность неблагоприятного исхода полета, которая на режиме снижения по посадочной глиссаде представляется в виде [3]:

$$\Phi_{as} = 1 - b_1 \frac{-(K_1 \frac{\bar{x}_1}{V_0})^{2m_1}}{a_2} - \frac{-(K_2 \frac{\bar{x}_2}{\alpha_0})^{2m_2}}{a_3} - \frac{-(K_3 \frac{\bar{x}_3}{\theta^0})^{2n_3}}{a_3}, \quad (2)$$

где $\bar{x}_1 = V_e(t) - V_e^0$, $\bar{x}_2 = \alpha_e(t) - \alpha_e^0$, $\bar{x}_3 = \theta(t) - \theta^0$ - отклонения текущих значений воздушной скорости V_e , угла атаки α_e , угла наклона глиссады θ , определяющих уровень безопасности данного режима полета, от их номинальных значений $V_e^0, \alpha_e^0, \theta^0$, соответствующих безопасному режиму посадки. Назначение коэффициентов, входящих в выражение (2), приведено в [3]. Если потребовать, чтобы на всех возможных траекториях движения самолета при посадке функция $\Phi_{as}(t)$ при $t = t_{i+1}$ принимала постоянное значение, например $\Phi_{as}^3 = 10^{-6}$, независимо от возможных неблагоприятных факторов, то по терминологии М. М. Хрусталева [4] система (1), описывающая такое движение, называется слабоинвариантной относительно критерия Φ_{as}^3 . При этом достаточное условие слабой инвариантности системы (1) относительно критерия Φ_{as}^3 определяется соответствующими теоремами [4]. Тогда систему уравнений (1) с учетом критерия безопасности [2] можно представить в виде:

$$\sum_k \frac{\partial \varphi}{\partial x_k} f_k(X, U, W, t) + \frac{d\varphi}{dt} = \mu(t); \quad (3)$$

$$\varphi(t, X) = R^0,$$

где $\varphi(t, X)$, $\mu(t)$ - некоторые функции; R^0 - область ограничений.

Выбирая в качестве функции $\varphi(t, X)$ информативную функцию безопасности $\Phi_{as}(t, X)$ и полагая $\Phi_{as}^3 = R^0$ при $t = t_{i+1}$, в качестве условия слабой инвариантности динамической системы (1) по критерию безопасности Φ_{as}^3 при $\mu(t) = 0$ получим следующее выражение:

$$\frac{d\Phi_{as}}{dt} = \sum_i \frac{\partial \Phi_{as}}{\partial x_i} \frac{dx_i}{dt} = \sum_i \frac{\partial \Phi_{as}}{\partial x_i} f_i(X, U, W, t) = 0, \quad (4)$$

из которого определяется искомое безопасное управление U_6 на интервале времени $[t_i, t_{i+1}]$.

В случае, когда наряду с условием обеспечения регламентируемого уровня безопасности полета $\Phi_{as}(t) \leq \Phi_{as}^* = 10^{-6}$ необходимо точное выдерживание некоторой x_i фазовой координаты посадки (например, расстояние L до точки касания), то параметры вектора управления U_6 определяются из совместного решения уравнений вида:

$$\frac{\partial \Phi_{as}}{\partial x_1} f_1(X, U, W, t) + \frac{\partial \Phi_{as}}{\partial x_2} f_2(X, U, W, t) + \frac{\partial \Phi_{as}}{\partial x_3} f_3(X, U, W, t) = 0; \quad (5)$$

$$f_i(X, U, W, t) = 0.$$

Частные производные информативной функции безопасности определяются из выражения (2), при этом решение нелинейной системы (1) сводится к решению линейной системы уравнений (5), что значительно сокращает объем вычислений, а найденное управление U_6 обеспечивает заданный уровень безопасности Φ_{as}^* .

В ряде случаев условие инвариантности (4) может быть представлено в виде:

$$\frac{d\Phi_{as}}{dt} = \text{grad } \Phi_{as} \mid F(X, U, W) \mid \cos \varphi = 0, \quad (6)$$

где $\text{grad } \Phi_{as}$ - вектор, который характеризует направление и темп роста информативной функции безопасности $\Phi_{as}(t)$; φ - угол между вектором $\text{grad } \Phi_{as}$ и вектором $F(X, U, W)$ обобщенной фазовой скорости dX/dt критических координат x_i объекта управления. Модули векторов соответственно вычисляются по формулам:

$$\mid F(X, U, W) \mid = \sqrt{f_1(X, U, W)^2 + f_2(X, U, W)^2 + f_3(X, U, W)^2}; \quad (7)$$

$$\mid \text{grad } \Phi_{as} \mid = \sqrt{(\partial \Phi_{as} / \partial x_1)^2 + (\partial \Phi_{as} / \partial x_2)^2 + (\partial \Phi_{as} / \partial x_3)^2}.$$

При выполнении условия инвариантности (4) угол φ между вектором $\text{grad } \Phi_{as}$ и вектором $F(X, U, W)$ обобщенной фазовой скорости dX/dt равен $\pi/2$. В целях обеспечения посадки самолета с более высоким уровнем безопасности угол φ можно сделать большим, чем $\pi/2$ на величину $\Delta\varphi$, таким, чтобы производная $d\Phi_{as}/dt$ была меньше нуля. В

этом случае на первое уравнение системы (5) накладывается дополнительное условие:

$$-\varepsilon \leq d\Phi_{as}/dt < 0, \quad (8)$$

где ε - наперед заданное число, определяющее дополнительный запас на допустимый уровень безопасности данного режима полета $\Phi_{as}^* = 10^{-6}$. При этом решение системы (5) с учетом ограничений (8) позволит построить управление U_6 , обеспечивающее новый допустимый уровень безопасности полета самолета.

Имитационное моделирование посадки самолета ИЛ - 86 показало, что в условиях действия типовых профилей сдвига ветра функция безопасности $\Phi_{as}(t)$ не выходит за заданное эксплуатационное значение $\Phi_{as}^* = 10^{-6}$, что подтверждает высокую эффективность предлагаемой методики построения алгоритма управления ИУС ОБП.

Список литературы: 1. Летные испытания пилотажно-навигационного оборудования / Под ред. Е.Г. Харина, - М.: Машиностроение. 1986. - 133с. 2. Солдаткин В.М. Основы синтеза информационно-управляющих систем обеспечения безопасности полета // Изв. вузов. Авиационная техника. 1994. N2. - С. 18-23. 3. Солдаткин В.М. Алгоритмическое обеспечение информационно-управляющих систем парирования сдвига ветра // Изв. вузов. Авиационная техника. 1994. N3. - С. 41-47. 4. Хрусталева М.М. Методы теории инвариантности в задачах синтеза законов терминального управления летательными аппаратами. - М.: Изд-во Москов. авиац. ин-та. 1987. - 51с.

ОТДЕЛКА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЗУБЬЕВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОСОЗУБЫХ КОЛЕС МЕТОДОМ ВРЕЗНОГО ШЕВИНГОВАНИЯ

Радзевич С.П., Палагута В.А., Goodman E.D.

(НТТУ «КПИ», Киев, Украина, ДГТУ, г. Днепропетровск, Украина, Michigan State University, E. Lansing, USA)

A new approach in gear finishing machining operation has been proposed. The principle idea of kinematics of spur and helical gear machining and gear shaving cutter design has been developed as well.

Актуальной задачей производства трансмиссий легковых автомобилей является снижение шума трансмиссий и улучшение кинематических и динамических показателей работы косозубых цилиндрических колес. Это-

го добиваются путем выполнения рабочих поверхностей зубьев косозубых цилиндрических колес с преднамеренным отклонением в продольном и поперечном направлении от номинальной эвольвентной винтовой поверхности, т. е. с продольной и профильной их модификацией [1, 2, 3].

Вопросам технологического обеспечения продольной и профильной модификации зубьев колес посвящены многие исследования и изобретения [4], однако использование известных способов обработки модифицированных зубьев и приспособлений не всегда удачно.

Эффективным способом обработки колес с модифицированными зубьями является врезное шевингование дисковыми шеверами с облегающими (корсетными) зубьями: при этом требуемая модификация обеспечивается соответствующими параметрами модификации зубьев исходной инструментальной поверхности (ИИП) дискового шевера.

При врезном шевинговании достигается касание обрабатываемой поверхности D детали и ИИП I инструмента по линии. Для формообразования всей поверхности зубьев колеса необходимо линию касания поверхностей D и I перемещать вдоль обрабатываемой поверхности D . Это достигается при помощи обкаточного движения. Снятие операционного припуска обеспечивается за счет подачи вдоль межосевого перпендикуляра детали и инструмента.

Ведущие автомобильные фирмы мира (General Motors, Ford Motor Company, Chrysler Corporation и др.) широко применяют метод врезного шевингования, который практически вытеснил другие способы: осевое, диагональное и тангенциальное. Это следствие высокой производительности и др. преимуществ метода врезного шевингования [5].

Важной является задача профилирования и перетачивания дискового шевера с модифицированными зубьями, предназначенного для врезного шевингования цилиндрических косозубых колес с модифицированными зубьями.

Для каждого типоразмера колеса профилируется свой дисковый шевер. Чтобы спрофилировать шевер необходимо иметь уравнения рабочих поверхностей зубьев шестерни и колеса. Тогда производящая поверхность зубьев шевера может быть непосредственно получена как огибающая последовательных положений рабочей поверхности зуба колеса в ее движении относительно системы координат, связанной с инструментом. Такой подход громоздок, т. к. связан с необходимостью выполнения большого количества преобразований.

Существенно упростить решение рассматриваемой задачи можно, если обратить внимание на то, что рабочая поверхность зубьев колеса и производящая поверхность I зубьев шевера находятся в правильном зацепле-

нии не только друг с другом, но одновременно и со вспомогательной производящей поверхностью в виде косозубой рейки $T^{(M)}$ с продольной и профильной модификацией зубьев (второй способ Т. Оливье образования огибающих поверхностей). Продольный профиль зубьев рейки $T^{(M)}$ в сечении начальной плоскостью аппроксимируется кривой с требуемыми параметрами.

Перетачивание дискового шевера производится шлифовальным кругом в условиях обката. Уравнение ИИП заточного круга можно получить исходя из уравнения поверхности зубьев рейки $T^{(M)}$ и матриц перехода от системы координат, связанной с рейкой инструмента, к системе координат заточного круга.

Станки современных конструкций для перетачивания дисковых шеверов с модифицированными зубьями имеют девять одновременно управляемых координат и снабжены устройством для автоматической правки заточного круга, управляемого от системы ЧПУ CNC, которая обеспечивает линейную и угловую точность профиля круга в пределах 0,0001 мм и 0,0001° соответственно (станок модели ZA30CNC фирмы Mitsubishi). Максимальный диаметр шлифовального круга 760 мм, наибольшая ширина зубчатого венца шевера 60 мм. Заданная модификация обеспечивается тем, что цепь обкатки получает движение от серводвигателя, управляемого от системы CNC. При этом имеется возможность делать текущим даже диаметр основного цилиндра шевера.

Более сложная задача при профилировании облегающих шеверов возникает, когда рабочая поверхность зубьев колеса задается дискретно. В этом случае каждой точке на обрабатываемой поверхности D детали соответствует точка на сопряженной ИИП дискового шевера. Таким образом поверхность зубьев детали можно задавать каркасно, причем (это существенно) она не допускает движения «самой по себе». Для образования ИИП шевера необходимо аналитически определить параметры профиля шлифовального круга для заточки шеверов. Отправным пунктом являются координаты точек поверхности зуба колеса и кинематика обработки.

Для определения координат точек ИИП удобно использовать локальную систему координат с началом в текущей точке поверхности зуба детали [6].

Такой подход позволяет определить точки контакта сопряженных профилей в различные моменты времени. Совокупность точек контакта поверхностей D и I в системе координат, связанной с инструментом, будет поверхностью I инструмента, которая в свою очередь является огибающей к последовательным положениям движущейся детали.

Список литературы: 1. Litvin F. L., 1994, «Gear Geometry and Applied Theory», Prentice Hall, NJ. 2. Litvin F.L., Kim D. H., 1997, «Computerized Design, Generation and Simulation of Meshing of Modified Involute Spur Gears With Localized Bearing Contact and Reduced Level of Transmission Errors», ASME Journal of Mechanical Design, Vol. 119, pp. 96-100. 3. Радзевич С.П., Палагута В.А. Профилирование инструмента для врезного шевингования цилиндрических колес с продольной модификацией зубьев // Механіка та машинобудування.- Науково-технічний журнал відділення механіки та машинобудування АН ВШ України.- Харків: ХДПУ.- 1997.- № 1.- С. 159-168. 4. Сухоруков Ю.Н. Модификация эвольвентных цилиндрических зубчатых колес: Справочник К.: Техніка. 1992.- 197 с. 5. Радзевич С.П., Палагута В.А. Рациональное шевингование цилиндрических зубчатых колес.- Днепропетровск: Изд. ДГТУ, 1997.- 100 с. 6. Радзевич С.П., Палагута В.А. Синтез наиболее выгодного процесса шевингования цилиндрических зубчатых колес // Вестник машиностроения. 1997. № 8. С. 36-41.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН, ВОССТАНОВЛЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАПЛАВКОЙ

Ракомсин А.П., Кожуро Л.М., Сидоренко М.И. (ПО "БелавтоМАЗ"
БАТУ, г. Минск, Республика Беларусь)

An influence of covering materials composition on a fatigue strength of details after electro-magnetic surfacing is considered/ A sense of additional surface layer's deformations and technological parameters is discussed.

Эксплуатационные свойства поверхностных слоев деталей машин, в том числе восстановленных, в значительной мере определяют их надежность и долговечность. В связи с этим придается большое значение обеспечению высокого качества рабочих поверхностей деталей после их восстановления различными методами наплавки.

Поскольку наплавленный металл отличается неоднородностью структуры и химического состава, наличием сварочных дефектов (пор, трещин, шлаковых включений и др.), значительными колебаниями твердости, высокой внутренней напряженности и другими подобными дефектами, представляет большой интерес оценка эксплуатационных свойств покрытий, полученных электромагнитной наплавкой (ЭМН) [1] различных ферромагнитных порошков, по критерию износостойкости.

В работе износостойкость электромагнитных покрытий изучалась в условиях гидроабразивного изнашивания при трении скольжения на машине 2070 стм-1. Количественная оценка износостойкости покрытий сделана по схеме "вал-колодка" линейным методом при следующих условиях: удельная нагрузка 3МПа, относительная скорость скольжения 1,2 м/с, среда - масло индустриальное 20, содержащее 2% карбида бора зернистостью 4...5 мкм. Они выбирались и рассматривались как наиболее объективно отражающие условия работы ряда деталей сопряжений "вал-подшипник скольжения" сельскохозяйственных машин, которые обычно выходят из строя по причине абразивного изнашивания.

Исследования износостойкости покрытий проводились на образцах, наплавленных и обработанных при оптимальных условиях и режимах процессов (образцы после наплавки подвергались абразивному шлифованию и магнитно-абразивной обработке для получения шероховатости поверхности $R_a=0,63$ мкм), в сопоставлении с эталоном (сталь 45 нормализованная и закаленная с нагревом ТВЧ на глубину 1,2...1,6 мм до 52...54 HRC₂). Кроме того, учитывали, что абразивное изнашивание имеет преимущественно механический характер разрушения поверхности. Интенсивность его, как известно [2], при этом в наибольшей степени зависит от твердости сопрягаемых материалов, удельной нагрузки и скорости перемещения.

Результаты испытаний приведены в таблице 1. Анализ их показывает, что решающее влияние на износостойкость покрытий, полученных ЭМН, оказывают химический и фазовый состав покрытий. Видно, что наибольшей износостойкостью обладают покрытия из порошков быстрорежущих сталей P6M5Ф3 и P6M5K5, а также ферробора ФБ-3 и сплава С-300, полученных на основе высокохромистого чугуна. Износостойкость этих покрытий значительно выше износостойкости эталона (в 1,7...2 раза). Далее в порядке убывания износостойкости следуют покрытия из порошков Fe-10%V и сталь 45-1%B.

Таблица 1 - Триботехнические характеристики покрытий, нанесенных электромагнитной наплавкой.

Материал	Интенсивность установившегося изнашивания мкм/км	Момент трения Нм		Коэффициент трения	
		с мас- лом	всухую	с мас- лом	всухую
Fe-10%V	3,6	0,99	1,58	0,15	0,24
Fe-Ti	4,5	0,73	1,37	0,11	0,22
С-300	2,2	0,79	1,06	0,12	0,16
P6M5Ф3	2,9	0,72	0,86	0,11	0,13

Р6М5К5	2,1	0,73	0,87	0,11	0,13
Сталь-45 П-1%В	3,8	0,89	1,37	0,13	0,21
ФБ-3	2,8	0,93	1,10	0,14	0,16
Сталь 45 (эталон)	4,1	0,84	1,26	0,12	0,19

Покрyтия из порошка Fe-Ti имеют износостойкость почти равную эталону. Такую низкую износостойкость по сравнению с исследуемыми составами порошков можно объяснить отсутствием карбидных фаз в структуре покрытия из порошка Fe-Ti.

Следовательно, в порядке убывания износостойкости покрытий последние можно расположить в следующей последовательности:

Р6М5Ф3→Р6М5К5→С-300→ФБ-3→Fe-10%V→Сталь-45 П-1%В→Fe-Ti

Работа выполнялась при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

Список литературы: 1. Ящерицын П.И., Кожуро Л.М., Ракомсин А.П. и др. Технологические основы обработки изделий в магнитном поле. -Мн.: ФТИ НАН Беларуси, 1997.- 4116 с. 2. Рыжков Э.В., Клименко С.А., Гуцаленко О.Г. Технологическое обеспечение качества деталей с покрытиями. - Киев: Наукова думка, 1994.- 184 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ РАЗНОНАПРАВЛЕННЫХ КОНИЧЕСКИХ РЕЗЬБ

Расулов Н.М. (АзТУ, г. Баку, Азербайджан)

In the report are resulted results of cutting's researches of different way taper thread of details as pipe coupling, used in oil industry business, are developed some way of increase the efficiency of processing of pipe coupling

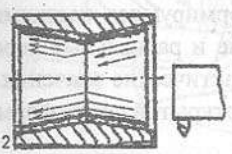
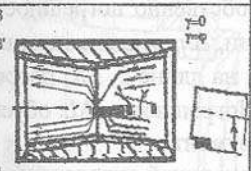
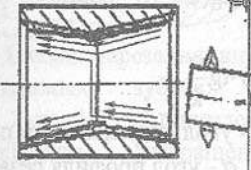
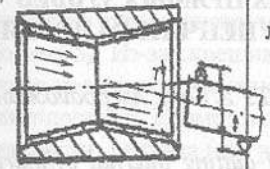
Детали типа муфты с двумя разнонаправленными коническими резьбами широко применяются в нефтепромышленном деле для соединения обсадных, насосно-компрессорных, бурильных труб и т.п.

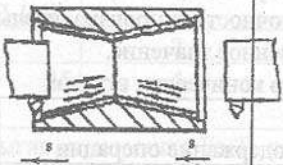
Измерение отклонений от соосности разнонаправленных резьб на деталях "Муфта" на Азербайджанском трубопрокатном заводе показали, что 47% деталей имеют отклонения от соосности больше допустимых, что отрицательно сказывается на эксплуатационных показателях резьбовых соединений.

Непрерывное совершенствование технологии обработки разнонаправленных конических резьб при одной установке и на одной позиции

(см табл), с учетом взаимосвязи формирования точностных параметров резьбы, обуславливающей повышение точности и производительности обработки, имеет важное народнохозяйственное значение.

Таблица Методы нарезания резьб в конических втулках

Схема и вариант обработки		Содержание операции		Оборудование
1	2	3	4	5
Обработка с одной стороны	1 	Последовательная обработка	Нарезается первая резьбовая поверхность потом вторая При каждом проходе нарезаются обе резьбы	Токарные с ЧПУ
	3 3' 4 		Нарезается первая поверхность, а потом вторая На каждом проходе нарезаются обе резьбы	
Обработка с одной стороны	5 	Последовательная обработка	На каждом проходе нарезаются обе резьбы Нарезается первая поверхность, а потом вторая	Токарные с ЧПУ
	7 	Параллельная обработка	Нарезаются обе резьбы одновременно	Специальные токарные

Обработка с двух сторон		Нарезаются обе резьбы одновременно	Специальные токарные
-------------------------	---	------------------------------------	----------------------

При нарезании конических резьб основные их параметры (шаг, конусность, диаметральные размеры и т.п.) формируются жесткими кинематическими системами оборудования. Осевые и радиальные перемещения инструмента в совокупности формируют фактические значения конусности, шага, радиальные размеры и даже, при открытой схеме формирования профиля, высоты витков.

При размере $2r$ точность формирования размера $2r$ определяется (без учета других случайных факторов): собственно погрешностью позиции инструмента в радиальном направлении, Δh , отклонением параллельности направляющих станка оси шпинделя на длине L , ΔK ; погрешностью осевого перемещения инструмента, ΔL . Погрешность ΔL обуславливает погрешности радиального положения инструмента.

Решением соответствующих размерных цепей определены:

- погрешность диаметральных размеров

$$2\Delta r = 2\{\Delta h + \Delta L \cdot \operatorname{tg} \varphi + L[\operatorname{tg}(\varphi + \beta) - \operatorname{tg} \varphi]\},$$

- погрешность шага

$$\Delta P = \Delta L + \Delta r \operatorname{tg} \frac{\alpha}{k},$$

где φ - угол наклона конической резьбы, β - угол, выражающий параллельность направляющих станка оси шпинделя, α - угол профиля резьбы.

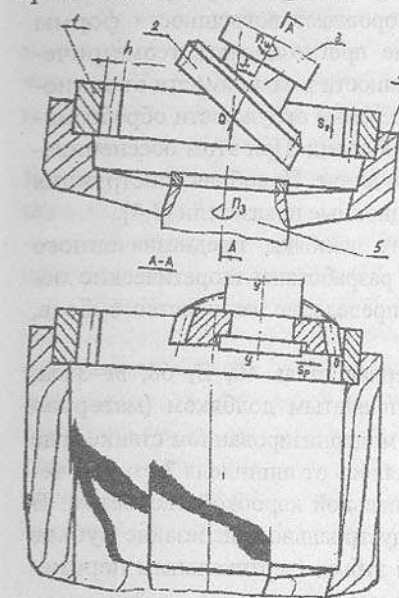
НАРЕЗАНИЕ ВНУТРЕННИХ ПРЯМЫХ ЗУБЬЕВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОЛЕС СТУПЕНЧАТЫМ ДОЛБЯКОМ

Расулов Н.М., Гусейнов Г.Р. (АзТУ г. Баку, Азербайджан)

In the report is covered some question of cutting internal cylindrical direct teeth by step slating tooth gear-shaper cutter, are resulted results of researches of parameters of quality of gear surfaces cutted by developed way.

На кафедре "Технология машиностроения" Азербайджанского технического университета (г. Баку) разработан метод нарезания зубьев специальным ступенчатым долбяком [1, 2]. Нарезание наружных прямых

зубьев на модернизированном для этой цели станке показало, что качество сформированных данным методом зубчатых поверхностей по всем параметрам не уступает качеству зубьев нарезанных стандартным долбяком, а производительность нарезания в 1,5-2 раза выше.



Метод более эффективен при нарезании внутренних зубьев (рис.), так как траектория контакта заготовки - зуб инструмента, т.е. путь резания при каждом рабочем проходе режущих зубьев, больше, чем при нарезании наружных зубьев, и ею можно управлять в широком диапазоне в зависимости от количества зубьев инструмента.

Конструкция косозубого ступенчатого долбяка отличается от стандартных тем, что его зубья расположены ступенчато вдоль собственной оси с равным шагом, что обеспечивает стабильность размера стружки снимаемой зубьями инструмента.

Нарезание зубьев осуществляется при скрещивании осей заготовки и инструмента под углом α (угол назаготовка, 2-долбяк, 3-шпиндель, 4-приспособление, 5-вал вращения заготовки).

После наладки технологической системы (см. рис.) заготовке (n_3) и инструменту (n_4) сообщаются согласованные вращения ($n_3 = k n_4$, где k - коэффициент, зависящий от количества зубьев инструмента Z_1 и детали Z_2) и инструменту радиальная подача S_r . Из-за скрещивания осей заготовки и инструмента зубья последнего перемещаются относительно заготовки в осевом направлении. Так как плоскость симметрии, проходящая через UU и перпендикулярная к плоскости рисунка (см. рис.) является разделительной, справа от нее зубья инструмента находятся в рабочей зоне и совершают рабочие проходы слева от нее. Таким образом, при радиальном перемещении инструмента каждый зуб долбяка, зацепляясь с теоретическим зубом заготовки, перемещаются в осевом направлении и снимает материал в одном и том же секторе зубьев детали и формирует определенную часть эволь-

вентного профиля всех нарезаемых зубьев детали (или большинства из них).

Спецификой метода является изменение наименьшего расстояния между осью заготовки и одноименными режущими кромками зубьев инструмента вдоль нарезаемых зубьев. Это порождает погрешности формы зубьев. Выведены формулы, позволяющие прогнозировать геометрическую форму нарезаемых зубьев и их погрешности в зависимости от технологических факторов. Выявлено, что делительные окружности обработанных поверхностей зубьев формируют гиперboloид. При этом обеспечивается бочкообразная модификация зубьев по длине. Подобная конструкция зубьев обеспечивает их высокие эксплуатационные показатели [3,4].

Определены параметры ступенчатого долбяка, предназначенного для нарезания внутренних прямых зубьев, разработаны теоретические основы обеспечения качества обработки, определено количество зубьев, формирующих эвольвентный профиль.

Нарезание внутренних зубьев (материал сталь 40, $Z_2=68$, $m=3$ мм, длина зубьев $L=25$ мм) осуществлено ступенчатым долбяком (материал сталь P6M5, $Z_1=33$, $m_n=3$ мм, $\beta=17^\circ$) на модернизированном станке, где вращение заготовки 1 (см. рис.) осуществлялось от шпинделя 3 станка через зубчатые и карданную передачи специальной коробкой скоростей. В качестве СОЖ использовалось масло индустриальное, нарезание зубьев осуществлено с однократной калибровкой зубьев (вертикальным перемещением стола станка ручной подачей) и без нее.

Для оценки точности нарезания зубьев измеряли отклонения шага, накопленную погрешность шага, отклонение направления зуба и другие параметры, методы и средства измерения которых предложены в [3].

При нарезании зубьев ступенчатым долбяком диаметральные (радиальные) размеры обработки формируются размером наладки. Их точность определяется точностью наладки и жесткостью элементов ТС. Как и ожидалось, радиальные размеры обработки детали с некалиброванными зубьями изменялись вдоль зубьев.

Анализ изменения накопленной погрешности шаг показывает, что смещение номинальных значений шага (например, повышением точности изготовления инструмента и точности наладки ТС) позволили бы достичь точности обработки по накопленной погрешности шага 7 степени по ГОСТ.

Точность направления калиброванных зубьев была в пределах 8 степени точности, некалиброванных зубьев в пределах 9 степени точности. Причем, выявлена некоторая стабильность в отклонениях направления некалиброванных зубьев (в сторону наклона оси инструмента).

Отклонения толщины зуба и колебание измерительного межосевого расстояния за один оборот также оказались в пределах 9 степени точности. Однако точность этих параметров качества была не ниже 8 степени для каждой детали.

Качество поверхности и поверхностного слоя исследовано по левой и правой сторонам профиля зубьев на 9 характерных участках: в трех сечениях зубьев (вблизи к концам и в середине) на вершине и середине зуба и по закругленной части впадины профиля зуба.

Шероховатость обработанных поверхностей оказалась в пределах $R_z < 40$ мкм. Глубина наклепа поверхностного слоя достигла 80 мкм, степень его – 145%.

Машинное время, как и при нарезании наружных зубьев, оказалось примерно в 1,5 – 2 раза меньше, чем при традиционном зубодолблении.

Таким образом, разработанная технология нарезания прямых зубчатых поверхностей цилиндрических колес ступенчатым долбяком обеспечивает 9-10 степени точности обработки по ГОСТ, при относительно низкой жесткости и точности оборудования и инструмента по сравнению с традиционными методами. Реализация этого процесса на специальных станках ступенчатым долбяком, точность которых удовлетворяла бы современным соответствующим требованиям, обеспечили бы качество обработки не ниже 8 степени точности.

Список литературы: 1. Патент РФ №2064377. Способ формообразования зубьев зубчатых колес косозубым долбяком. /Расулов Н.М., Расулов Р.С. Бюл. № 21-1996. 2. Расулов Н.М. Технология машиностроения (Повышение эффективности обработки сложных поверхностей вращения) – Баку. 3. Производство зубчатых колес. Справочник. Под ред. Б.А. Тайца, М.: Машиностроение, 1990.- 464 с. 4. Алексеев С.П., Казаков А.М., Колотилев И.Н. Борьба с шумом и вибрацией в машиностроении. М.: Машиностроение, 1970.- 208 с.

СТРУКТУРНЫЕ И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ВИСМУТСОДЕРЖАЩИХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ A^3B^5

Ратушный В.И., Благин А.В., Благина А.В.,
Попов А.И., Разумовский П.И. (ВИ НГТУ, г. Волгодонск, Россия)

The results of investigations of structural reflection and photoelectrical characteristics of Bi-containing solid solutions are discussed in this work. The

mechanisms of defect formation in heterostructures, the elastic strains influence in crystalchemical characteristics of epitaxial layers are analysed.

Кристаллохимическое совершенство является важнейшим фактором, определяющим пригодность эпитаксиальных слоев (ЭС) для их практического применения, так как оно во многом определяет электрофизические и люминесцентные свойства полученных структур. В настоящей работе представлены результаты исследований кристаллического совершенства, распределения дислокаций, упругих напряжений в многокомпонентных твердых растворах, полученных методом зонной перекристаллизации градиентом температуры (ЗПГТ) на подложках антимонида индия. Такие гетероструктуры представляют большой интерес с точки зрения технологии получения оптоэлектронных приборов в инфракрасном диапазоне [1].

Измерения разности параметров кристаллической решетки подложки и эпитаксиального слоя и градиент параметра решетки по толщине слоя были проведены на порошковом дифрактометре D-501 Siemens с использованием $\text{Cu K}\alpha$ -излучения. Использовалось отражение с углами 2θ , меньшими 100° , что позволяло проводить измерения $\Delta a/a$ с разрешающей способностью порядка 10^{-4} . Рассмотрено изменение интенсивности, формы кривых качания и $\Delta\theta$ (угла между максимумами кривых качания) в гетероструктурах $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x\text{Bi}_y/\text{InSb}$ и $\text{In}_{1-z}\text{Ga}_z\text{As}_{1-x-y}\text{Sb}_x\text{Bi}_y/\text{InSb}$ ($x > 0.8$, $y < 0.02$, $z < 0.06$). Угол $\Delta\theta$ и среднее значение Δa растут с увеличением толщины ЭС, что указывает на связь градиента рассогласования с градиентом состава. Наличие четких симметричных максимумов на дифрактограммах в пределах точности определения параметра элементарной ячейки ($\sim 1.2 \cdot 10^{-3}$ Å) свидетельствует о кристаллизации исследуемых ЭС преимущественно по бездиффузионному механизму.

Многие структурные дефекты (дислокации, включения второй фазы, дефекты упаковки и т.д.) генерируются внутренними напряжениями в многокомпонентных кристаллах. Исследования упругих напряжений проводились на основе стандартного поляризационно-оптического метода. Использовался инфракрасный микроскоп МИК - 11 с электронно-оптическим преобразователем ЭОП - 4 в поляризованном свете. Анализ лучей проходящего света показал, что упругие напряжения концентрируются в области ± 30 мкм от гетерограницы и принимают в объеме слоя значения, не превышающие 30 кг/см^2 . Величина напряжений в подложке и слое зависит от состава твердого раствора. В том случае, если направление наблюдения совпадает с ориентацией подложки ((111) для исследуемых образцов), величину упругих напряжений можно рассчитать по формуле [2]

$$\sigma = \frac{B_0 f(\alpha_{cp})}{\frac{1}{3} d(q_{11} - q_{12} + 2q_{44})}$$

где σ - величина напряжения в кристалле;
 B_0 - деформационный потенциал;
 $f(\alpha_{cp})$ - характеристика компенсатора;
 d - толщина образца в направлении наблюдения;
 q_{ij} - упругие постоянные исследуемого образца.

Деформационный потенциал как функция состава $\text{In}_{1-z}\text{Ga}_z\text{As}_{1-x-y}\text{Sb}_x\text{Bi}_y/\text{InSb}$ рассчитывался на основе методов линейной интерполяции по бинарным соединениям.

Результаты расчетов $\sigma(x)$ в подложке и слое при фиксированном значении $z = 0.05$, а также $\sigma(z)$ при $x = 0.9$ показывают, что характер зависимости одинаков для подложки и слоя. Наблюдается слабый рост σ с уменьшением содержания сурьмы в твердом растворе. Гетероэпитаксиальные структуры $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x\text{Bi}_y/\text{InSb}$ являются упругонапряженными, что подтверждено другими исследователями [3]. Основным компонентом, влияющим на величину упругих напряжений, является галлий. В области составов $z > 0.02$ величина напряжений не превышает 50 кг/см^2 по всей толщине слоя. Исследованы особенности получения и фотоэлектрические свойства висмутсодержащих твердых растворов $\text{GaInSb} < \text{Bi} >$. При выращивании из растворов, обогащенных сурьмой, не удается получить твердые растворы $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{Sb}$ с $x > 0.5$ n -типа проводимости.

Нами была проанализирована возможность повышения структурного совершенства и приборных характеристик твердых растворов GaInSb путем введения в рабочие слои висмута. Неблагоприятным фактором выступает низкая растворимость висмута в соединениях A^3B^5 в условиях консервативной жидкофазной эпитаксии. Эффективным способом достижения требуемого содержания висмута является метод ЗПГТ. Эксперименты, проведенные нами, показали, что применение висмутсодержащих жидких зон для перекристаллизации твердых растворов A^3B^5 позволяет достичь плоскопараллельного движения фронта кристаллизации и увеличить скорость роста слоя.

Для определения приборных характеристик гетероструктур $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Sb}_{1-y}\text{Bi}_y/\text{InSb}$ был проведен комплексный анализ фотоэлектрических параметров. Величина максимальной интегральной чувствительности составила 90 В/Вт . Значение монохроматической чувствительности при $\lambda = 9.9$ мкм оказалось равным 60 В/Вт . Фоторезисторы на основе полученных составов твердых растворов имеют максимум спектральной чувст-

вительности вблизи $\lambda \approx 10$ мкм, что соответствует максимуму интенсивности излучения черных тел при $T = 300$ К. Поэтому следует ожидать высокую эффективность их применения в микробиологии (фиксация перемещений объектов на микронные и субмикронные расстояния), в качестве чувствительных элементов нефелометров - приборов для определения степени мутности жидкостей, суспензий, коллоидных растворов.

Список литературы: 1. Ратушный В.И., Благин А.В. Фотоприемники дальней ИК области на основе гетероструктур InGaAsSbBi/InSb , полученных из жидкой фазы в поле температурного градиента.// Актуальные проблемы твердотельной электроники и микроэлектроники: Труды третьей Всероссийской конф., 8-13 сент. 1996 г. - Таганрог, 1996. - С.120. 2. Pfann W.G. - J. Mettals. - 1955. - V.7, № 9. P.961-964. 3. Акчурун Р.Х., Акимов О.В. Тонкослойные упругонапряженные гетероструктуры $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x\text{Bi}_y/\text{InSb}$: расчет некоторых физических параметров.// Физика и техника полупроводников. 1995. Т.29. Вып. 2. С.362-369.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОТОШАБЛОНОВ ДЛЯ ОДНОСТОРОННИХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ НА КЕРАМИЧЕСКИХ ПОДЛОЖКАХ, СТЕКЛОТЕКСТОЛИТЕ И ПОЛИИМИДЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ И ОБОРУДОВАНИЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Ратушный В.И., Катаев В.Ф., Баласюк М.В., Пономарев С.Б.
(ВФ НИИМ НГТУ г. Волгодонск, Россия)

The offered method of a photo mask obtaining essentially allows to shorten the time for manufacturing printed circuit cards on ceramic, film and textolite basis, and to reduce the quantity of applied hardware and technological operations connected with application of chemical substances.

Как правило, в результате научно-технической разработки полупроводниковых структур изготавливают бескорпусной элемент на подложке площадью до 2 мм² с алюминиевыми, медными или золотыми выводами диаметром до 100 мкм. Экспериментальное подтверждение свойств элемента проводится в составе специально разработанной электрической схемы, выполненной на керамической, полиамидной или текстолитовой односторонней печатной плате. В первых двух случаях применяется технология вакуумного напыления с последующей фотолитографией или плазмохимией, в последнем случае применяется субтрактивный метод

получения печатных плат. Во всех случаях технологические циклы получаются достаточно длинными и требуют применения дорогостоящего оборудования. Это сильно увеличивает проведения и стоимость экспериментальных работ.

Часто применяется субтрактивный метод, который является наиболее экономичным при единичном изготовлении печатных плат. Основные затраты, субтрактивного метода приходится на изготовление фотооригинала и фотошаблона.

В результате проведения авторами НИР была разработана технология получения фотошаблона, минуя стадию фотооригинала. В результате проведения экспериментальных работ были получены шаблоны на гибкой основе со следующими характеристиками:

1. Ширина дорожек фотошаблона 100 ± 10 мкм.
2. Расстояние между дорожками фотошаблона 100 ± 10 мкм.
3. Уход линейных размеров на длине 100 мм не превышает 20 мкм.
4. Уход линейных размеров при изменении температуры от +5°C до 60°C не превышает 5 мкм на 100 мм.
5. Контрастность изображения 1:20.
6. Поглощение ультрафиолетового излучения не более 10%.
7. Стабильность механических и оптических характеристик сохраняется при изготовлении до 50 печатных плат.

Фотошаблоны были получены на принтере Laser Jet HP5, 600 dpi путем экспериментального подбора масштаба распечатки рисунка печатной платы из файла с расширением .PLT системы PCAR версии 8.5 на кодопленке HP для лазерных принтеров толщиной 50 - 70 мкм. Принтер был перестроен до скорости 4,5 копии в минуту. Получить подобные результаты на других типах принтеров и кодопленке отличной от указанной не удалось. Перед нанесением рисунка пленка должна быть термообработана в течении 20 мин. При температуре 60-80 °C и обезжирены в 20% растворе едкого натра с последующей промывкой в изопропиловом спирте и дисцилированной воде с удельным сопротивлением 700-900 кОм. При получении высококачественных фотошаблонов рекомендуется проверка однородности пленки по контрастности с применением сканера с dpi-1200.

Контроль качества фотошаблона производился с использованием ScanJet HP1200 dpi путем наложения сканированного образа на файл оригинала. Контроль отклонений размеров производился на микроскопе "Биолам" с видеоконтрольным устройством при увеличении в 1500 раз.

Невозможность использовать принтеров и материалов отличных от указанных связано, по всей видимости с особенностями протяжного механизма и конструктивными особенностями лазерной головки и селенового барабана принтера HP5. Без перестройки и замены картриджа возможно получать до 500 фотошаблонов на формате A4 с плотностью 15-30%. Ана-

логично изображенного на рис.

Дальнейшее повышение точности фотошаблона ограничено величиной зерна красителя и его дисперсией, поэтому применение принтера с разрешающей способностью dpi 1200 эффекта не дает.

В результате применения указанной технологии удается снизить стоимость фотошаблона более чем в 10 раз, а время его изготовления

Рис. Образец печатной платы в негативном изображении.

в 15-20 раз, и позволила отказаться от применения химических реактивов, что существенно сказалось на проведении эксперимента.

Указанная технология может оказаться в мало серийном производстве печатных плат, а также нанесении контактных площадок на новые образцы электронных приборов при проведении научно-исследовательских работ. Хорошие результаты получены при использовании полученных указанным методом фотошаблонов для получения алюминиевых масок, применяемых в технологии плазмотехнического травления и вакуумного напыления. При получении масок применяется мелкодисперсионный негативный фоторезист на основе солей Cr.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ДЛЯ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

Ратушный В.И., Овчинников В.А., Разумовский П.И., Буданов В.А.,
Мышкин А.Л. (ВИ НГТУ, г. Волгодонск, Россия)

The exact definition of overcooling gives the basis for exception of erosion of a substrate Gasb, that are by one of the basic conditions of reception isoperi-

odical with GaSb of firm solutions, suitable for reception of devices optoelectronic on length of a wave $\lambda \sim 1,5 \div 2$ microns.

Гетероструктуры на основе многокомпонентных соединений A^3B^3 используются в качестве элементной базы инжекционных излучательных приборов, работающих в широком спектральном диапазоне волн инфракрасной области.

Определяющим фактором в получении и применении многокомпонентных гетероструктур на основе соединений A^3B^3 является дефектообразование на границе. Основными причинами дефектообразования являются рассогласование параметров решетки (КТР) подложки и эпитаксиального слоя. В случае трехкомпонентных твердых растворах имеется возможность за счет изменения химического состава раствора изменить ширину запрещенной зоны (Eg). Требования повышения совершенства гетероструктур привели к необходимости дальнейшего увеличения числа компонентов в твердом растворе. Поскольку несоответствие параметров решетки на гетерогранице - основная причина дефектообразования, то, естественным образом возникло требование, чтобы эпитаксиальный слой имел хотя бы две степени свободы - одну на выбор Eg, а вторую на согласование параметров решетки на гетеропереходе. Такому требованию удовлетворяют четырехкомпонентные твердые растворы с замещением атомов ка в одной, так и в обеих подрешетках. Однако при этом не арзрешается вопрос об одновременном согласовании параметров решетки и КТР. В силу указанных проблем введение пятого компонента получает третью дополнительную степень свободы, следовательно появляется возможность в пяти компонентном твердом растворе независимо регулировать период решетки, ширину запрещенной зоны и КТР. Это создает предпосылки для получения на основе бинарных соединений об одновременно согласованных по периоду решетки (изопериодных) и КТР (изокспандных), практически бездефектных структур, работающих в широком спектральном диапазоне, что делает их перспективными материалами оптоэлектроники.

Особенность получения гетероструктур InAlGaAsSb/GaSb является склонность подложки антимионид лаллия к растворению при контакте с неравновесной жидкой фазой. Это явление обуславливает необходимость проведения процесса выращивания слоев переохлажденным раствором. При этом распла должен быть переохлажден относительно температуры начала гетерогенного зарождения на подложке. Однако изменение величины переохлаждения (ΔT) может существенно сказываться на составе криализуемого твердого раствора. Поэтому подход к выбору величины переохлаждения нами определялся теоретически и экспериментально.

Теоретическая величина ΔT определялась следующим образом. Начальная термодинамическая неравномерность контактирующих жидких и твердых фаз определяется различием химических потенциалов компонентов этих фаз. Это позволяет расчетным путем прогнозировать тенденцию перехода системы в равновесное состояние. В качестве критерия устойчивости подложки в контакте с расплавом следует принимать условие равенства нулю химического сродства этой реакции. Разность температуры ликвидуса и температуры при котором выполняется условие устойчивости является величина ΔT .

Экспериментально найдено, что величина переохлаждения при увеличении концентрации индия в твердой фазе составляло не более 10K при неизменной концентрации алюминия и 5K при увеличении концентрации алюминия и неизменной индия в твердой фазе.

Исследована кинетика роста эпитаксиальных слоев. Экспериментально установлено, что увеличение алюминия в твердой фазе снижает скорость роста при неизменных других параметрах, а увеличение индия увеличивает скорость, что позволяет управлять скоростью роста твердых растворов изопериодных с подложками антимония галлия.

Точное определение переохлаждения дает основание для исключения эрозии подложки антимонида галлия, что является одним из основных условий получения изопериодных с GaSb твердых растворов, пригодных для получения оптоэлектронных приборов на длину волны $\lambda \sim 11,5 \pm 2 \text{ мкм}$.

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ВНУТРЕННЕМ ШЛИФОВАНИИ НАКЛОННЫМ КРУГОМ

Резников А.Н., Мовла-заде В.З., Самедов М.К., Мамедов А.М.
(АзТУ, г. Баку, Азербайджан)

This article describes the determination of cutting temperature when inter grinding by inclined grinder.

As a result of the analysis of the new cutting temperature calculation which proves theoretically the decreasing of temperature in the field of processing.

Как известно [1, 2], при шлифовании одним из основных путей стабилизации процесса является совершенствование его кинематики, обеспечивающая благоприятные условия тепло- и стружкоотвода, равномерность распределения нагрузок по ширине рабочей части круга, периодизацию воздействия теплового источника на обрабатываемую поверхность. Для решения этой задачи предложена новая конструкция шлифовального кру-

га, рабочая часть которого расположена наклонно к оси вращения (рис.1, а).

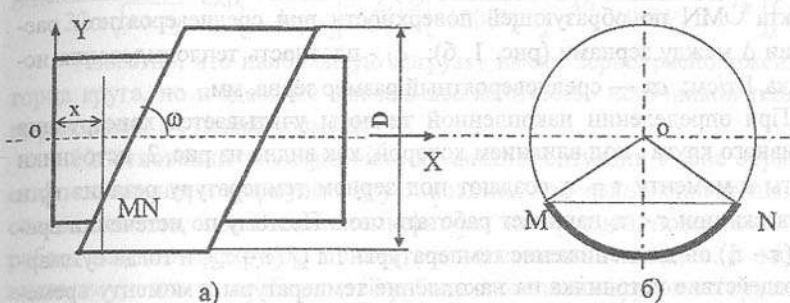


Рис. 1. Абразивный круг с наклонным расположением рабочей части (а) и рабочая длина образующей поверхности элементарного сечения этого круга (б).

В процессе внутреннего шлифования в зоне контакта круга с изделием возникают высокие температуры под зерном, которые иногда превышают критические точки плавления шлифуемых металлов. В результате этого происходят структурные изменения, приводящие к образованию дефектного слоя на обрабатываемой поверхности.

Ниже рассмотрен расчет температуры резания при внутреннем шлифовании наклонным кругом.

Известно [1], что температура в зоне контакта зерна с обрабатываемой поверхностью определяется по формуле:

$$\theta = \theta_p + \theta_n, \quad (1)$$

где θ_p - температура, возникающая в результате резания металла данным зерном, °C; θ_n - температура, вызванная накоплением теплоты в поверхностных слоях изделия под действием зерен, прошедших ранее, чем данное зерно, °C.

θ_p определяется по известной формуле [1]:

$$\theta_p = \frac{Q}{\lambda \sqrt{\omega} (4\pi\tau_0)^{\frac{3}{2}}} \cdot \exp \left[-\frac{R^2}{4\omega\tau_0} \right], \quad (2)$$

где Q - теплота, вносимая в изделие точечным мгновенным источником в полупространстве, Дж; τ_0 - время, прошедшее от момента теплового импульса, с.

Q определяется по формуле:

$$Q = U_x \cdot q_1 \cdot \frac{\pi \alpha^2 \bar{x}^2}{4} \tau_0, \quad (3)$$

где $U_x = \omega MN / \Delta$ - количество источников, находящихся на длине дуги контакта ωMN по образующей поверхности при средневероятном расстоянии Δ между зернами (рис. 1, б); q_1 - плотность тепловыделения источника, Вт/см; αx - средневероятный размер зерна, мм.

При определении накопленной теплоты учитывается конструкция абразивного круга, под влиянием которой, как видно из рис. 2, источники теплоты к моменту $\tau = \tau_k$ создают под зерном температуру резания θ_p и фактически при $\tau < \tau_k$ начинает работать сток. Поэтому по истечении времени $(\tau - \tau_k)$ он дает снижение температуры на $Q(\tau - \tau_k)$, и тогда суммарное воздействие источника на накопление температуры к моменту времени τ определяется:

$$\theta_n = Q(\tau) - Q(\tau - \tau_k), \quad (4)$$

где τ - время контакта зерен текущего сечения по образующей поверхности, с, определяемое по формуле:

$$\tau = \frac{\Delta(U_x - i)}{1000V_k}. \quad (5)$$

Тогда накопление температуры от всех зерен, прошедших через зону контакта, будет:

$$\theta = \sum_{i=1}^{k-1} \left\{ Q \left[\frac{\Delta(U_x - i)}{1000V_k} \right] - Q \left[\frac{\Delta(U_x - i)}{1000V_k} - \tau_k \right] \right\}, \quad (6)$$

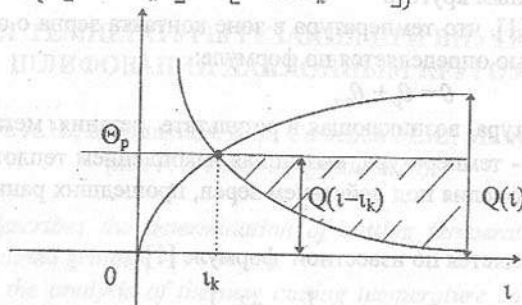


Рис. 2. Схема определения температуры при внутреннем шлифовании наклонным кругом.

где i - количество зерен, прошедших через зону контакта; V_k - скорость вращения круга, м/с; τ_k - время стока тепла за период прерывания контакта, с.

Используя формулы (2), (3) и (6) находим:

$$\theta = \frac{U_x \cdot q_1 \cdot \alpha^2 \bar{x}^2}{32 \alpha \sqrt{\omega \pi \tau_0}} \exp \left[-\frac{R^2}{4 \omega \tau_0} \right] + \sum_{i=1}^{k-1} \left\{ Q \left[\frac{\Delta(U_x - i)}{1000V_k} \right] - Q \left[\frac{\Delta(U_x - i)}{1000V_k} - \tau_k \right] \right\}. \quad (7)$$

Известно, что наибольшую нагрузку имеют зерна, расположенные у торца круга, но и здесь же наименьшее количество источников тепла U_x , выраженных в суммах формулы (7).

На основании теплофизического анализа ситуации в зоне обработки с использованием формулы (7) установлено, что накопление теплоты и, соответственно, повышение температуры шлифуемой поверхности при работе наклонным кругом в значительной степени снижается. В этом, по видимому, одна из особенностей работы наклонных кругов по сравнению с обычными кругами, где накопление теплоты происходит в течении всего оборота абразивного круга.

Список литературы: 1. Резников А.Н., Резников Л.А. Тепловые процессы в технологических системах. - М.: Машиностроение, 1990. - 288 с. 2. Мовла-заде В.З. Технологические процессы заточки режущих инструментов. - Баку: Изд. "Элм", 1997. - 198 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВАКУУМНЫХ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ

Рогачев А.В., Щебров А.В., Казаченко В.П., Егоров А.И., Попов А.Н.
(БелГУТ, г. Гомель, НПО «Транстехника», Беларусь)

The effective directions of perfecting of vacuum deposition methods are determined. The most perspective deposition technologies of polymeric and metal coatings on machine-building units are indicated.

На основании анализа закономерностей процессов, протекающих при осаждении полимерных и металлических покрытий методами ионной и электронной технологии, результатов, полученных при исследовании свойств покрытий и влияния них технологических режимов и условий определены основные направления совершенствования известных технологических решений:

1. Разработка конструкции и технологии формирования многослойных покрытий на основе нитридов металла, пластичных металлов и полимеров. При этом слой полимера используется в качестве внешнего.
2. Оптимизация технологических режимов создания газовой фазы из

летучих продуктов ионного или электронно-лучевого диспергирования исходных органических веществ, исключение эффектов мишени.

3. Проведение дополнительной активации летучих продуктов диспергирования, способных к вторичной полимеризации, их концентрации в определенном диапазоне.

4. Разработка, эффективных приемов легирования покрытий на стадии их осаждения.

5. Определение оптимального способа и последующей обработки тонкопленочных систем с целью повышения их свойств.

Определены также наиболее эффективны практические приложения вакуумных и плазмохимических технологий:

1. Технология восстановления и модификации рабочих поверхностей топливной аппаратуры двигателей путем нанесения многослойных систем на основе нитрида титана, меди, фторполимера. Твердые износостойкие покрытия из нитрида титана и твердосмазочные покрытия на основе меди формируются методом конденсации при ионной бомбардировке, а антифрикционные слои из политетрафторэтилена - методом электроннолучевого диспергирования исходного материала. Комплексные триботех-исследования таких многослойных систем толщиной до 5 мкм, сформированных в оптимальных технологических условиях показали, что они обладают низким коэффициентом трения по стали ШХ 15, высокой износостойкостью, долговечностью. Несмотря на то, что твердость покрытий из нитрида титана превышает твердость контртела более чем в 3 раза, его износ в таких системах снижается более чем в 10 раз.

Опытная партия восстановленных и модифицированных изделий (плунжерные пары, насосы, форсунки) прошли полномасштабные промышленные испытания в Гомельском локомотивном депо.

2. Обработка в среде полимеризующихся газов резинотехнических изделий (РТИ). После такой обработки на поверхности формируется тонкая (до 5 мкм) износостойкая композиционная пленка из фторполимера, обеспечивающая снижение в 1,5-2 раза коэффициента трения и в 2-5 раз набухания в среде топлив и масел. При оптимальных режимах модификации долговечность резиновых уплотнений возрастает в 2-5 раз. Объемные свойства модифицированных РТИ практически не изменяются.

3. Технология обработки с целью крашения или аппретирования волокнисто-тканевых материалов из активной газовой фазы, содержащей реакционно-способные молекулярные фрагменты, хромофорные группы. Использование данного метода позволяет практически полностью исключить из техпроцесса жидкие среды (воду, активационные, красящие и промывочные растворы), экономить тепло и электроэнергию, получать материалы со свойствами, достижение которых невозможно другими спосо-

бами.

Установлено, что качество крашения и аппретирования определяется режимом генерации активной газовой фазы, активационной и финишной обработки материала. Определены основные кинетические закономерности электронно-лучевого диспергирования политетрафторэтилена, полиэтилена, кремнийорганических соединений, ряда дисперсных красителей, оптимальные параметры потока электронов, при которых имеет место достаточно интенсивное выделение летучих продуктов, способных модифицировать поверхность обрабатываемого материала.

Проведены испытания потребительских свойств тканей, окрашенных по плазмохимической технологии. Установлено, что наибольший эффект достигается при использовании полиэфирных тканей. При аппретировании существенной зависимости качества обработки от природы волокон не установлено.

Показано, что плазмохимическое аппретирование волокон и тканей позволяет реализовать более высокий уровень адгезионного взаимодействия при формировании волокнистых композиционных материалов. Определены толщина слоя полимера и режимы его нанесения, при которых адгезия имеет максимальное значение.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ИЗГОТОВЛЕНИИ ИНСТРУМЕНТОВ

Рогов В. А., Соловьев В. В., Гузенко Р. В. (РУДН, г. Москва, Россия)

Мироненко Е. В. (ДГМА, г. Краматорск, Украина)

The using of composition materials for design and production of compound cutting tools improve dynamic characteristics of construction, increase precision processing by means of reducing line deformations of cutting tools at machinability

Все композиционные материалы в зависимости от вида армирующего элемента можно разделить на дисперсно-упрочненные и волокнистые. Эти две группы материалов отличаются между собой структурой и механизмом образования высокой прочности. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы представляют собой состав, в матрице которого равномерно распределены мелкодисперсные частицы другого вещества.

У волокнистых композитов матрица армирована высокопрочными волокнами, проволокой, нитевидными кристаллами.

Использование в конструкциях инструмента композиционных материалов позволяет решать следующие принципиальные вопросы:

- обеспечивать за счет конструкции державки или корпуса снижение вибраций при резании;
- создавать предварительно напряженное состояние державки резца;
- обеспечивать охлаждение как непосредственно самой режущей пластины, так и державки резца;
- выполнять державки резцов с механизмами демпфирования;
- использовать механически закрепляемые перетачиваемые режущие пластины;
- устанавливать в корпусах режущего инструмента датчики, в том числе и на нейтральной линии и др.

Для снижения вибраций при резании тело державки резца частично или полностью выполняется из композиционного материала. Сочетание металлического каркаса различного профиля и полостей, заполненных композиционным материалом позволяет создавать оптимальные конструкции с заранее заданными свойствами. Использование резцов с державками из композиционного материала показывает, что такие резцы имеют большую по сравнению с обычными резцами стойкость и обеспечивают повышение качества обработанной поверхности.

В процессе резания резцами, особенно при работе с большими вылетами, верхняя часть державки до ее нейтральной линии растягивается, а нижняя сжимается. Поэтому желательно в самой державке создать предварительное напряженное состояние сжатия за счет ее конструкции. При резании деформация резца происходит только после того, как преодолено усилие сжатия верхней части державки. Использование таких резцов позволяет уменьшить изгиб или отжим резца при работе и обеспечить стабильность положения вершины режущей пластины.

При использовании в державках резцов волокнистых композиционных материалов их возможности еще более улучшаются, поскольку в процессе изготовления державок волокна могут быть уложены вдоль направления действия сил резания, например вдоль оси державки, под определенным углом и т.д. В этом случае прочностные свойства волокон используются максимально и борштанги, изготовленные по этому принципу могут работать с консольным вылетом более десяти диаметров. Если направление действия сил в борштанге определить сложно, то ее конструкция может представлять собой чередующиеся слои волокон, уложенные под разными углами к продольной оси, в том числе и по винтовой линии.

Возможно и изготовление других режущих инструментов с корпусами частично или полностью выполненными из композиционного материала. Так, например при изготовлении шевера он может иметь конструк-

цию в виде тонких дисков с режущими кромками из быстрорежущей стали, соединенными между собой композиционным материалом.

При изготовлении дисковых фрез или пил посадочная втулка и венец с режущими зубьями могут быть выполнены из металла, а средняя часть - из композиционного материала. При изготовлении торцовых фрез из композиционного материала может быть выполнен корпус, а также заполнена внутренняя часть конуса Морзе.

При использовании резцов с державками, выполненными из композиционных материалов их нагрев и линейные деформации значительно ниже чем при точении резцами с цельнометаллическими державками (см. рис.). Сама режущая пластина может быть выполнена комбинированной и состоящей из режущего материала (твердый сплав, СТМ) и армирующего элемента из микропористого материала (керамика, пенометалл и др.). В этом случае режущая пластина может охлаждаться «изнутри». Существуют конструкции резцов, у которых в полости державки содержится вставка из композиционного материала со спиральными каналами для подвода СОЖ, причем шаг каналов ближе к головке резца уменьшается. При использовании таких резцов практически отсутствует их линейное удлинение.

При работе резцов с большими вылетами более 4...5 диаметров обычно имеет место неустойчивое резание. Поскольку режимы резания обычно заранее установлены, то колебания могут быть устранены только путем улучшения демпфирующих свойств самого резца. Это может быть достигнуто путем установки

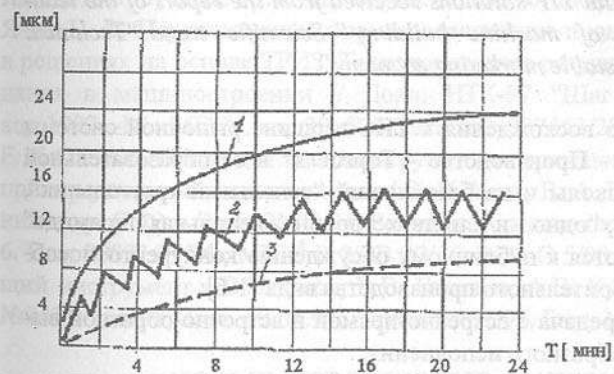


Рис. Удлинения резцов под действием нагрева.

в полости державки резца инертной массы. В зависимости от условий резания изменяют положение инертной массы, изменяя собственную частоту колебаний державки. В результате происходит принудительное гашение колебаний. Нерабочая полость державки мо-

жет быть заполнена композиционным материалом, что также улучшает демпфирующие свойства резца.

При обработке деталей на станках с ЧПУ достаточно быстро происходит износ пластин, особенно ромбических и треугольных для контурного точения, так как они имеют острые углы в плане и минимальное число режущих кромок. Обычно такие пластины дальше не используются и отправляются на переработку. Механизмы их фиксации устроены так, что после переточек вершина режущей пластины всегда будет занимать одно и то же положение, т.е. они могут быть использованы и для работы на станках с ЧПУ, где положение вершины резца должно быть стабильное. Использование в конструкциях таких резцов композиционного материала может облегчить доступ к подвижным элементам механизма фиксации.

КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫЕ ЗУБЧАТЫЕ ОРУДИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Родионов Л. Ф., Сумин Д. В., Усов М. В., Янин В. В., Усов В. П.
(СфСамГТУ, г. Сызрань, Россия)

There is information about TIP-solutions received from the report of the leaders OSKB "Problems of machine building" Scientific trend "Technical property is the basis for stable marketing economy".

Методом крутого восхождения к ТИС-вершине рыночной системы "Образование - Наука - Производство - Торговля" и ее образовательной подсистемы высшей школы и на базе знаний "вепольный треугольник", "2-вершинный веполь", "одно - и/или двухсторонняя вепольная пирамида" созданы и представляются к публичному обсуждению конкурентоспособные орудия машиностроительного производства вида [1-6]:

1. блочная зубчатая передача с встречно-прямой и встречно-обратной высотной коррекцией V-образного исполнения;
2. фрикционно-зубчатая передача внутреннего или внешнего сопряжения;
3. привод по пп. 1 и 2 мгновенного отскока в экстремальных ситуациях;
4. прокатный стан для изготовления стержней с развитой рабочей поверхностью с самоприводными формоопределяющими ручьями;
5. зубчатый механизм мгновенного фиксирования транспортирующей системы, например крутонаклонного конвейера, в момент экстренного отключения электропитания системы и/или комплекса;

6. барабанный диспергатор свободной ориентации зубчатых измельчителей;
7. зубообразная опора с "бегущими" сферами для многотоннажных вращающихся барабанов;
8. стальные и абразивные дисковые шевьеры - хоны, в том числе лепесткового исполнения;
9. зубоподобный режущий инструмент с дискретной передней поверхностью;
10. зуболопастные диспергаторы сыпучих сред с эффектом струйности.

Конкретика эффективности ТИС-решений обосновывается.

Список литературы: 1. Разработка технических предложений по усовершенствованию узлов и шаровых барабанных мельниц, создание прогрессивных способов и устройств для измельчения твердого топлива: Отчет о НИР/ВНТИЦентр; Руководитель В.П. Усов. - №ГР01870005262; Инв. №029.0020920. - М., 1982. - 184 с. 2. А.с. 1780212 СССР, МПК⁵ В 02 С 17/18. Барабанная мельница / В.П. Усов, Л.П. Гришин, В.В. Гаранин и др. (РФ). - №4769517/33; Заяв. 20.11.89; Не публикуется. 3. Пат. 2060051 РФ, МПК⁶ В 02 С 13/08, 13/13. Вентиляторная мельница двухстороннего действия / В. П. Усов, В. А. Пантелеев, С. М. Безбородов и др. (РФ). - №5021102/33; Заяв. 19.01.92; Опубл. 20.05.96, Бюл. №14. 4. Усов М. В., Янин В. В. Перспективные формозавершающие процессы и инструменты в решениях на основе ТРИЗ. Технологическое разрушение - процесс создания в машиностроении // Докл. НТК-97 "Шаг в будущее", 21-25 апр.1997. -М.: МГТУ. - с. 20. 5. Заявка №94007453/28 (007291) РФ, МПК⁶ F 16 C 29/00. Опора для тяжелонагруженных вращающихся барабанов, например углеразмольных мельниц / В. П. Усов, В. А. Пантелеев, В.В. Гаранин и др. (РФ). - Заяв. 01.03.94; Решение о выдаче патента РФ от 20.11.97. 6. Пат. 2097168 РФ, МПК⁶ В 23 В 27/16, В 23-С 5/00, В 23 Д 43/00. Режущий инструмент / В.П. Усов, В.В. Гаранин, А.В. Кузнецов и др. (РФ), - №94014565/02; Заяв. 19.04.94; Опубл. 27.11.97, Бюл. №33.

НОВЫЕ ПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ

Роник Т.А. (ГНТЦ АСВ, г. Киев, Украина)

In this work the complex research results of physic mechanical and antifrictional characteristics of new powder materials on the base of iron and powder tool-making steel "P6M5K5" are represented. The new materials are recom-

mended for using in the high-temperature friction junctions.

Все современные машины и механизмы имеют подвижные сочленения, обеспечивающие возможность выполнения ими рабочих функций. От материалов, из которых изготавливаются данные узлы трения, требуются низкие значения потерь энергии на трение и высокая износостойкость. Для удовлетворения указанных требований созданы различные антифрикционные литые материалы на основе цветных металлов типа бронз, баббитов и композиционные антифрикционные материалы, изготавливаемые методами порошковой металлургии [1].

Однако, в связи с непрерывно повышающимися параметрами работы машин и механизмов в большинстве случаев материалы, работающие в узлах трения, выходят из строя значительно раньше, чем другие части машин. Это делает необходимым проведение работ по ремонту оборудования и изготовлению большого количества запасных частей, что связано с потерями времени и средств.

Быстрое развитие различных отраслей машиностроения, в частности, горнорудного, металлургического, выдвинуло задачу не только замены подшипников из дефицитных цветных металлов на менее дефицитные, но и создание новых антифрикционных материалов, обладающих повышенной износостойкостью, низким значением коэффициента трения, способностью работать при повышенных температурах и нагрузках в различных активных средах.

В настоящем сообщении представлены данные по исследованию технологических, физико-механических и триботехнических свойств новых композиционных антифрикционных материалов на основе железа, предназначенных для работы при повышенных температурах и нагрузках.

Для работы узлов трения в условиях повышенных температур (до 500°C) в качестве основы материала используется железо [1]. Добавка к Fe порошков стали P6M5K5 позволяет получить после спекания высоколегированную металлическую матрицу, имеющую в своем составе такие ценные легирующие элементы, как W , Mo , V , Co . Наличие таких легирующих элементов позволяет получить достаточно высокие прочностные характеристики материалов на основе Fe для работы при $t = 500^{\circ}\text{C}$.

В качестве твердой смазки выбран композит, состоящий из $\text{CaF}_2 + \text{MoS}_2$, вводимый в шихту для изготовления материалов, предназначенных для работы при трении без смазки.

В качестве объектов исследования использовали композиции, % мас.:

1. $45 \text{ Fe}_{\text{сырец}} + 50 \text{ P6M5K5} + 3 \text{ CaF}_2 + 2 \text{ MoS}_2$;
2. $75 \text{ Fe}_{\text{сырец}} + 20 \text{ P6M5K5} + 3 \text{ CaF}_2 + 2 \text{ MoS}_2$;

Для металлической матрицы использовался железный порошок-сырец (производства БЗПМ, г. Бровары) и распыленный порошок инструментальной стали P6M5K5 (производства Днепроспецсталь, г. Запорожье).

Основным требованием к исходному сырью является стабильность его свойств от партии к партии, что обеспечивает воспроизводимость свойств изготавливаемых материалов. С этой целью исходные порошки для приготовления шихты проходили ряд подготовительных операций. Металлические компоненты шихты смешивали в течение 20 минут в смесителе. Затем проводили совместный ($\text{Fe}_{\text{сырец}} + \text{P6M5K5}$) восстановительный отжиг в среде конвертированного природного газа ($v = 5,9 \text{ м}^3/\text{час}$) при $t = 980 - 1000^{\circ}\text{C}$ в течение 1,5 часа. Полученный конгломерат (губку) размалывали на лабораторной дробильной машине ЛДМ-150 и определяли гранулометрический состав.

Известно, что в режиме самосмазывания наиболее длительно работают подшипники, изготовленные из материала с крупными частицами ($0,100 - 0,315 \text{ мм}$) и имеющие крупные поры [2]. Поэтому для изготовления материалов использовали порошки Fe и P6M5K5 с размерами частиц $0,160 \text{ мм}$, $\text{CaF}_2 - 0,125 \text{ мм}$, MoS_2 - в состоянии поставки - $0,056 \text{ мм}$.

К металлической основе ($\text{Fe} + \text{P6M5K5}$) добавляли $\text{CaF}_2 + \text{MoS}_2$ и смешивали в течение 2 часов в баночном смесителе с никелевыми "ершами".

Значения технологических свойств исследованных материалов представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Технологические свойства исследованных материалов.

№ п/п	Состав, % мас.	Текучесть, с	Насыпная плотность, г/см ³	Уплотняемость, г/см ³		Формуемость, г/см ³
				700 МПа	500 МПа	
1.	$45 \text{ Fe} + 50 \text{ P6M5K5} + 3 \text{ CaF}_2 + 2 \text{ MoS}_2$	37,5	2,86	6,77	6,38	3,9
2.	$75 \text{ Fe} + 20 \text{ P6M5K5} + 3 \text{ CaF}_2 + 2 \text{ MoS}_2$	40,3	2,72	6,98	6,55	3,8

Видно, что лучшей прессуемостью-уплотняемостью и формуемостью обладают композиции при давлении прессования 700 МПа. При дальнейшем увеличении давления прессования происходит расслоение брикетов за счет присутствия малопластичных добавок стали P6M5K5 , CaF_2 , MoS_2 .

Спекание образцов проводили по следующему режиму: посадка в холодную печь; нагрев с печью до 600 °С, выдержка при 600 °С в течение 1 часа; нагрев до 1200 °С, выдержка при 1200 °С - 2 часа.

После спекания пористость обоих составов составляла 13 - 15 %.

Исследованы физико-механические и триботехнические характеристики новых антифрикционных материалов (табл. 2).

Таблица 2 - Физико-механические и триботехнические свойства исследованных материалов.

№ п/п	Состав, % мас.	НВ, МПа	$a_{ж}$, кДж/м ²	$\sigma_{изг}$, МПа	Коефф. трения	Износ, мкм/км	Предельно-допустимая нагрузка, МПа
1.	45Fe + 50P6M5K5 + 3CaF ₂ + 2MoS ₂	1700- 2100	17-22	380- 420	0,17-0,2	25-30	7
2.	75Fe + 20P6M5K5 + 3CaF ₂ + 2MoS ₂	1260- 1400	8-12	110- 215	0,2	300- 500	5
3.	ЖГр1К1	600- 900	19	180- 200	0,18	400	4-5

Испытания на трение проводились на высокотемпературной машине трения ВМТ-1 в паре с контртелом из стали Р18 при нагрузке 5 МПа, скорости скольжения 1 м/с и температуре внешнего нагрева 500 °С на воздухе.

Анализ табл. 2 показывает, что в сравнении с известной маркой железного графита ЖГр1К1 [1, 3] материал, содержащий в своем составе 50 % мас. Р6М5К5 имеет значительное превосходство как по физико-механическим, так и по антифрикционным свойствам.

Из приведенных данных следует, что для работы в узлах трения при $t = 500$ °С и нагрузках 5 МПа на воздухе можно рекомендовать новый материал на основе железа с добавками порошков инструментальной стали Р6М5К5 и порошков твердой смазки - (CaF₂ + MoS₂). Такие материалы можно рекомендовать для работы узлов трения горнорудного и металлургического оборудования.

Список литературы: 1. Федорченко И.М., Пугина Л.И. Композиционные спеченные антифрикционные материалы.- К.: Наукова думка, 1980, 403 с. 2. Мошков А.Д. Пористые антифрикционные материалы.- М.: Машиностроение, 1968.- 208 с. 3. Порошковая металлургия. Материалы, технология, свойства, области применения.- Справочник.- К.: Наукова

думка, 1985.- 624 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ МЕТАЛЛОВ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ПРИ МЕХАНИЧЕСКОМ УПРОЧНЕНИИ

Руденко П. А. (ЧГИЭУ, г. Чернигов, Украина)

The results of the fatigue tests of the samples made of carbon and alloy steel reinforced by knurling at normal and high temperatures as well as optimal strengthening temperatures are given in the article.

Одним из важных моментов процесса упрочнения металлов методом пластической деформации является температура упрочняемой поверхности, которая обеспечивает возможность течения процессов полигонизации и начальных стадий рекристаллизации. Последнему обстоятельству в практике упрочнения деталей обкатыванием до настоящего времени внимания не уделялось.

Исследования, выполненные за последние годы, показали, что температура поверхности в процессе ее упрочнения оказывает существенное влияние на циклическую прочность деталей [1].

На рис.1 представлены результаты усталостных испытаний образцов стали Ст. 3 и стали 55С2, упрочненных обкатыванием при различных температурах. Для испытаний применялись образцы стандартной формы. Материал в состоянии поставки. Обкатывание образцов осуществлялось на токарно-винторезном станке трехроликовым обкатным приспособлением. Образцы нагревались в лабораторной электропечи. Режимы упрочнения в холодном и в подогретом состоянии оставались постоянными: усилие на ролик - 450 кг, подача - 0,27 мм/об; частота вращения образца - 36 об/мин.

Испытания проводились на усталостной машине МУИ-600. База испытаний - $5 \cdot 10^6$ циклов. Аналогичные результаты были получены также при испытании сталей 45, 40Х, 12ХНЗА и У8. Для всех исследованных марок сталей усталостная прочность образцов, обкатанных в подогретом состоянии, оказалась выше, чем у таких же образцов, обкатанных при комнатной температуре.

Для отыскания оптимальных температур упрочнения была поставлена серия опытов, графически представленная на рис. 2.

Испытания проводились по методике ступенчато-увеличивающейся нагрузки [2]. Каждая точка является средним арифметическим значением

предела выносливости, полученным в результате испытаний трех образ-

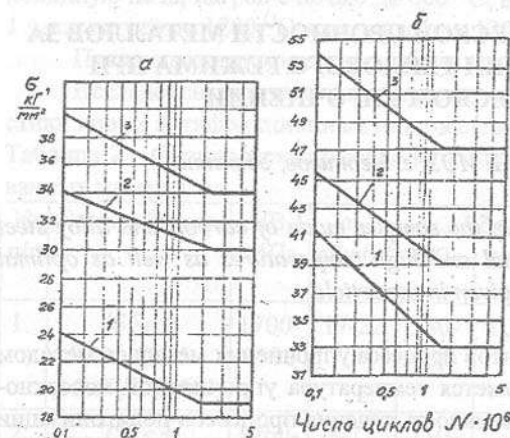


Рис. 1. 1 - шлифованные образцы; 2 - образцы, обкатанные при температуре 25-30 °C; 3 - образцы, обкатанные при температуре 400-500 °C; а - сталь Ст3; б - сталь 55C2.

ной. Существующий в настоящее время предел повышения циклической прочности материалов и натуральных деталей различными способами меха-

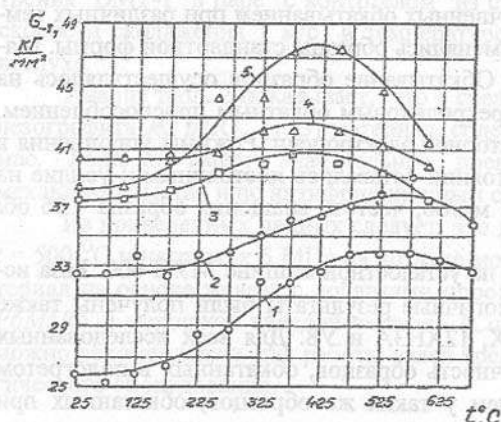


Рис. 2. Зависимость предела выносливости от температуры упрочнения: 1 - сталь Ст3; 2 - сталь 45; 3 - сталь 40X; 4 - сталь 12XN3A; 5 - сталь 55C2.

нических образцов. Опыты показали, что различные марки стали, требуют различных температур упрочнения, однако в любом случае температура упрочнения не должна превышать температуру рекристаллизации.

Выводы

1. Нормальная (комнатная) температура, при которой осуществляют упрочнение поверхностей деталей в производственных условиях, с точки зрения упрочняющего эффекта, не является оптимальной. Существующий в настоящее время предел повышения циклической прочности материалов и натуральных деталей различными способами механического упрочнения поверхностей может быть существенно повышен за счет применения оптимальных температурных режимов упрочнения.

2. Оптимальная температура упрочнения исследованных сталей находится в пределах: для углеродистых сталей 450 - 550 °C, для легированных сталей 325 - 425 °C.

3. Температура упрочнения в любом случае не должна превышать температуру порога рекристаллизации.

Список литературы: 1. Бегаен И. А., Руденко П. А., Бойко А. И., Антонюк О. И. Способ упрочнения поверхности деталей. А. С. № 244360. 2. Руденко П. А. Методика определения предела выносливости при ограниченном количестве испытываемых образцов. Сб. Детали машин № 32, - Киев, «Техника», 1981.

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С «РАЗОГРЕВОМ» И ОГРАНИЧЕННЫМ РЕСУРСОМ

Румянцев Н.В. (ДонГУ, г. Донецк, Украина)

This article deals with analysis of the queuing systems with «heating» and limited resources. The stationary probability of states are found.

Известно, что системы массового обслуживания могут служить моделями большого числа как непроизводственных, так и производственных процессов. В литературе, до настоящего времени, рассматривались, так называемые, классические модели систем, в которых предполагалось, что прибор обслуживания обладает неограниченным ресурсом, т.е. обслуживает все заявки, имеющиеся в системе. Первым обобщением явилось изучение систем с «разогревом» (переналадкой, ориентацией) прибора и неограниченным ресурсом. Литература по данной проблеме довольно обширна. Дальнейшим обобщением классических систем массового обслуживания является рассмотрение систем с «разогревом» и ограниченным ресурсом. Это означает, что прибор после подготовки («разогрева») может обслужить ограниченное количество $m = \text{const}$ заявок, после чего он должен идти вновь на «разогрев». В данной работе рассматривается простейшая схема «разогрева» - «разогрев» в начале периода занятости.

Рассмотрим в начале одноканальную систему массового обслуживания с «разогревом» в начале периода занятости, пуассоновским входным потоком интенсивности λ , экспоненциальными временами обслуживания и «разогрева» прибора с параметрами $\mu > 0$ и $\nu > 0$, соответственно. Прибор обслуживания обладает ограниченным ресурсом, т.е. способен обслужить только $m = \text{const}$ требований, после чего он либо остается свободным (если в системе нет требований) и «разогревается» только после поступления требования; либо начинает немедленно «разогреваться» (если в системе есть требования). Для описанной системы найдены производящие функции вероятностей состояний в стационарном случае.

Пусть $\xi(t)$ - стационарный случайный процесс, описывающий состояние системы в момент времени t , фазовое пространство которого есть

пары (i, k) , $i = 0^*, 0, 1, \dots, m$; $k \geq 0$, где i - количество заявок, обслуженных к моменту времени t ; k - число заявок, ожидающих начала обслуживания. Здесь $(0^*, k)$ означает, что прибор «разогревается» и в системе $k > 0$ требований. Для вероятностей $P_{ik} = P\{\xi(t) = (i, k)\}$ были составлены системы алгебраических уравнений Колмогорова и найдены производящие функции

$$A_0^*(z) = \sum_{k \geq 0} P_{0k} z^k, \quad A_i(z) = \sum_{k \geq 1} P_{ik} z^k, \quad i = 0, 1, 2, \dots, m-1,$$

а затем производящая функция $P(z) = \sum_{k \geq 0} P_k z^k$ для вычисления вероятности

того, что в системе имеется k требований, где

$$P_0 = \sum_{i=1}^m P_{i0}, \quad P_k = P_{0k} + \sum_{i=0}^{m-1} P_{ik}, \quad k \geq 1.$$

которая имеет вид

$$P(z) = \sum_{i=1}^{m+1} \frac{C_i}{z - z_i}$$

где C_i - const, z_i - корни знаменателя производящей функции $A_0^*(z)$, лежащей в области $|z| > 1$.

Показано, что необходимым условием существования стационарного распределения является выполнение условия

$$\lambda \left(\frac{1}{\mu} + \frac{1}{mv} \right) < 1.$$

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ОБСЛУЖИВАНИЯ С «РАЗОГРЕВОМ» И ОГРАНИЧЕННЫМ РЕСУРСОМ

Румянцев Н.В., Породников В.Д. (ДонГУ, г. Донецк, Украина)

The numerical solutions for the models of the queuing systems with «heating» and limited resources are proposed.

Процесс моделирования систем массового обслуживания заканчивается, как правило, нахождением производящих функций для вероятностей состояний изучаемой системы. Нахождение же самих вероятностей зачастую представляет достаточно сложную проблему. Для решения этой задачи авторами были использованы приближенные методы и получены вероятности состояний для системы с «разогревом» в начале периода занятости и ограниченным ресурсом при различных предложениях о параметрах

системы, построены графики зависимостей этих вероятностей от величины загрузки системы.

Авторами сделана попытка найти рациональные методы оптимизации систем такого типа. Для решения задачи оптимизации любых функций распределения, описываемых с помощью моделирующих алгоритмов на ЭВМ использованы алгоритмы статистического поиска, а это связано с громоздкими вычислениями и большими затратами машинного времени.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА КИНЕТИКУ ДИФФУЗИОННОГО ФАЗОВОГО РАСПАДА СПЛАВА ТИПА Nd-Fe-B ПРИ ВОДОРОДНОЙ ОБРАБОТКЕ

Рыбалка С.Б., Волков А.Ф., Гольцов В.А.

(ДонГУ, г. Донецк, Украина)

The kinetics hydrogen-induced of the diffusive phase transformation for industrial alloy Nd-Fe-B has been investigated. The isothermal kinetic curves phase decomposition for temperatures from 620°C to 750°C at the pressure hydrogen 0,1 MPa were received. Results of this work might be used for technological processes for improvement of magnetic properties of this alloy.

Интерметаллические соединения типа $Nd_2Fe_{14}B$ представляют собой высококоэрцитивные ферромагнетики. Особенностью сплавов типа $Nd_2Fe_{14}B$ является то, что будучи насыщенными водородом при высоких температурах порядка 600-900°C они становятся термодинамически неустойчивыми и претерпевают фазовый распад на гидрид неодима NdH_x , α -фазу Fe и борид железа Fe_2B [1]. При эвакуации водорода распавшиеся фазы рекомбинируют в исходную фазу $Nd_2Fe_{14}B$, но с более мелкой структурой зерен. Этот процесс, известный как HDDR- процесс, применялся для обработки высококоэрцитивных материалов типа $Nd_2Fe_{14}B$, $Sm_2Fe_{14}N_x$ и др. [2, 3]. Изотропные связанные магниты на основе HDDR- порошков обладают максимальной магнитной энергией $(BH)_{max}$ около 80 кДж/м³ [3].

Основу HDDR- обработки составляют диффузионные фазовые превращения, индуцируемые водородом. Кинетика подобных фазовых превращений до настоящего времени не исследовалась. В представленной работе была поставлена задача изучить кинетику таких превращений в сплаве типа Nd-Fe-B в изотермических и изобарических условиях и, далее, построить соответствующую изотермическую диаграмму.

В качестве материала для исследований применялся сплав типа Nd-Fe-B.

Для изучения кинетики фазового распада интерметаллида была создана водородно-вакуумная установка, позволяющая проводить обработку сплава при температурах до 800°C и давлениях водорода 1 МПа, и разработана методика регистрации выделяющихся при распаде фаз α -Fe и борида железа. Методика основана на том, что при температурах, лежащих в интервале 600-750°C, исследуемый сплав является парамагнитным, а продукты распада (α -Fe и борид железа) - ферромагнитны, что позволило фиксировать их магнитным методом.

Образцы сплава массой 1.46 грамма загружались в реакционную камеру и при непрерывном нагреве вакуумировались до 10^{-2} Торг. Нагрев производили со средней скоростью 20°C/min до необходимой температуры, выбираемой из интервала 600-750°C. После установления в реакционной камере изотермических условий в нее напускался водород под давлением 0.1 МПа. Далее, в процессе изотермической выдержки непрерывно измеряли рост содержания ферромагнитных фаз (α -Fe и борид железа) и строили кинетические кривые процесса распада исходной фазы сплава в зависимости от времени.

На основании полученных кинетических кривых изотермического распада сплава была построена изотермическая кинетическая диаграмма фазового распада (рис.1).

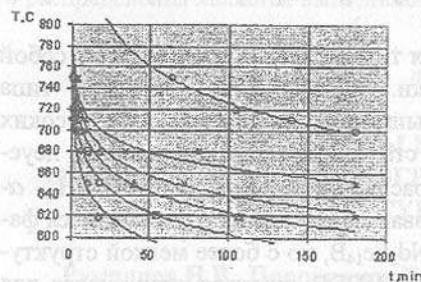


Рис.1. Изотермическая кинетическая диаграмма диффузионного фазового распада сплава типа Nd-Fe-B для степеней распада (снизу вверх): $k=10, 20, 30, 40, 50, 100\%$. 10 раз больше, чем при $T=700^\circ\text{C}$. И наконец, полный распад для $T=750^\circ\text{C}$ проходит за 65 min, а при $T=700^\circ\text{C}$ за 180 min.

Для более детального анализа механизма данного превращения была использована теория Аврами [4,5]. Данный тип распада можно отнести к превращениям, происходящим по типу зарождения и роста новой фазы с диффузионно-контролируемой скоростью роста.

Анализируя полученную нами изотермическую кинетическую диаграмму, представленную на рис.1, можно указать, что полученная диаграмма оказалась идентичной таковой для превращения в сталях при нагреве [6] и для обратного $\beta \rightarrow \alpha$ гидридного фазового перехода в системе Pd-H.

Была исследована кинетика диффузионного фазового распада, индуцируемого водородом для сплава Nd-Fe-B. По результатам исследования построена изотермическая кинетическая диаграмма в координатах "время-температура-степень распада" для температур от 620 до 750°C. Сделан вывод, что диффузионный фазовый распад происходит с заметными скоростями в температурном интервале от 700 до 750°C. Полученная диаграмма может быть использована для выбора оптимальных технологических режимов водородной обработки вышеуказанного сплава. Применение теории Аврами к кинетическим кривым, полученным в представленной работе, позволяет сделать вывод, что исследованный диффузионный фазовый распад можно отнести к типу превращений с диффузионно-контролируемой скоростью роста частиц новой фазы или фаз с заметным начальным объемом. Механизм процесса данного диффузионного фазового распада, а также влияние условий проведения водородной обработки на изменение структуры исследованного сплава требуют дальнейшего более детального исследования.

Список литературы: 1. Harris I.R. and Mc Guinness P.J. Journal of Less-Common Metals, 1991, 172-174, pp.1273-1284. 2. Takeshita T. and Nakayama R. Proceedings of the 12th International Workshop on Re magnets and their applications, Canberra, 1992, pp.670-681. 3. Takeshita T. Journal of Alloys and Compounds, 1993, 193, pp.231-234. 4. Christian J.W. The theory of transformations in metals and alloys. Pergamon Press, Oxford, 1975, 806 pp. 5. Avrami M. Journal of Chemical Physics, 1940, 8, p.212. 6. Popova L.E. and Popov A.A. Diagrams of austenite transformation in steels and β -solution in titanium alloys, Metallurgia, Moscow, 1993.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ АВИА- И РАКЕТОСТРОЕНИЯ

Садыхов Р.А., Букалов А.Н., Самедов А.С., Искандеров М.Г.,
Садыхов А.Г. (Азербайджанская Национальная Академия Авиации,
г. Баку, Азербайджан)

As distinct from existing methods which leave out of account multi-connectedness in broad sense of this term, we achieved to describe the objects

of the optimum designing of configuration of fuel tanks, turbines and multi-sectional acoustic revelments as unified multi-connective system and efficient combined numerical methods.

Рассматриваются актуальные задачи авиа- и ракетостроения: выбор оптимальной конфигурации топливных баков в зависимости от динамических нагрузок; расчет температурных полей в элементах турбин (сопловых и рабочих лопаток, дисков, роторов, корпусов), позволяющие выполнить обоснованный выбор материала, типа конструкции, в частности, способа охлаждения; оптимальное проектирование многосекционных акустических облицовок для турбореактивных двигателей, обеспечивающих наибольшее затухание звука в каналах с переменным импедансом.

В отличие от [1, 2], где решение аналогичных задач сводится к системам интегральных и дифференциальных уравнений, удалось обобщить результаты и вместо систем интегральных уравнений Фредгольма I и II рода решать одно интегральное уравнение соответствующего типа по многообразию сложной конфигурации. Для решения этих интегральных уравнений исследованы дискретные операторы логарифмического потенциала простого и двойного слоя, показана их связь и получены оценки в терминах модулей непрерывности (оценки типа оценок А.Зигмунда).

Построены двухпараметрические квадратурные процессы для вычисления логарифмических потенциалов простого и двойного слоя в многосвязных областях. Сходимость квадратурных процессов и оценка их погрешностей доказываются соответствующими теоремами.

При исследовании смешанных (I и II рода) граничных интегральных уравнений доказывается существование и единственность приближенного решения. Интегральное уравнение I рода сводится к эквивалентному II рода обращением сингулярной части оператора. Последние решаются с использованием кубических сплайнов.

Разработана автоматизированная система поведения, распознавания состояния объекта, его свойств при динамических изменяющихся входных данных. В основу этой системы заложены численные методы граничных элементов, конечных разностей, динамического программирования и многокритериальной оптимизации. Полученные математические модели легко и экономично адаптируются в процессе эксплуатации (практически приемлемая точность достигается за 4-5 дат-замера).

Следует отметить, что математическое и программное обеспечение разработано по модульной технологии (все алгоритмы и программы разработаны в типовом унифицированном виде и не ориентированы на

конкретный тип компьютеров, а используют только лишь встроенные элементарные функции транслятора алгоритмического языка ФОРТРАН).

В отличие от существующих методов моделирования и управления, не учитывающих многосвязность в широком смысле этого термина, разработана инвариантная математическая модель (с автоматически изменяющейся связностью)

$$V(s, t) - a \int_{\Gamma(t)} (V(s, t) - cV(\xi, t)) \frac{\partial}{\partial n} \ln R^{-1}(s, \xi, t) d\xi = K \frac{\partial \varphi}{\partial n} \quad (1)$$

$$\frac{\partial x(s, t)}{\partial t} = -V(s, t) \frac{\partial y(s, t)}{\partial s}, \quad \frac{\partial y(s, t)}{\partial t} = V(s, t) \frac{\partial x(s, t)}{\partial s} \quad (2)$$

при известном начальном состоянии $\Gamma(0)$

$$x(s, 0) = x_0(s), \quad y(s, 0) = y_0(s) \quad (3)$$

$$\text{Здесь } V(s, t) = \bigcup_{j=1}^{N(t)} V_j(s_j, t)$$

- скорость движения контуров по нормали к $\Gamma(t)$ $\Gamma(t) = \bigcup_{j=1}^{N(t)} \gamma_j(t)$

- j -тый контур с координатами $(x(s, t) = \bigcup_{j=1}^{N(t)} x_j(s_j, t), y(s, t) = \bigcup_{j=1}^{N(t)} y_j(s_j, t))$

- координаты контура $\Gamma(t); s \in [0, L(t)]$;

$$L(t) = \int_{\Gamma(t)} ds, \quad S = \bigcup_{j=1}^{N(t)} S_j, \quad a = (c_j - c_0)(2\pi c_0)^{-1}, \quad K = -c_j m^{-1}; \quad c_j;$$

$\varphi(x, y, t, x_i, y_i, Q_i(t))$ - возмущающая функция; $x_i, y_i; i = \overline{1, M(t)}$.

Для каждого фиксированного момента времени t в терминах модулей непрерывности показаны оценки погрешности моделируемого поведения (оценки типа оценок Зигмунда).

Теорема 1 (основная).

Пусть выполняется условие

$$\int_0^{\omega_\xi(x)} \frac{\omega_\xi(x)}{x} < +\infty \quad (4)$$

и уравнение (1) имеет решение $f^* \in C_\Gamma$ (множество непрерывных на Γ функций). Тогда $\exists N_0 \in N = \{1, 2, \dots\}$ такое, что $\forall N > N_0$ дискретная система, полученная из (1) на основе использования дискретного двойного оператора логарифмический потенциал двойного слоя (изучены его свойства), имеет единственное решение $\{\hat{x}_{jk}^{(N)}\}, k = \overline{1, m_j}, j = \overline{1, n_j}$.

$$|f_{jk}^* - f_{jk}^{(M)}| \leq C(\Gamma) \left(\int_0^{\varepsilon_N} \frac{\omega_\varepsilon(x) \omega_{f^*}(x)}{x} dx + \varepsilon \int_{\varepsilon_N}^{\frac{1}{2}\omega_{f^*}(x)} \frac{\omega_\varepsilon(x) \omega_{f^*}(x)}{x} dx + \omega_{f^*}(\|\tau_N\|) \int_0^{\frac{1}{2}\omega_{f^*}(x)} \frac{\omega_\varepsilon(x)}{x} dx + \|\tau_N\| \int_{\varepsilon_N}^{\frac{1}{2}\omega_{f^*}(x)} \frac{\omega_\varepsilon(x)}{x} dx \right),$$

где $C(\Gamma)$ - константа, зависящая только от Γ ; $\|\tau_n\|_{N=1}^\infty$ - последовательность разбиений Γ ; $\{\varepsilon_N\}_{N=1}^\infty$ - последовательность положительных чисел таких, что пара $(\|\tau_N\|, \varepsilon_N)$ удовлетворяет условию $2 \leq \varepsilon/\|\tau\| \leq P'$.

Для решения системы (1) - (3) разработан комбинированный численный метод, использующий неявную разностную схему и двупараметрическую квадратурную формулу для вычисления логарифмического потенциала двойного слоя в многосвязных областях. Сходимость квадратурного процесса и оценка погрешности устанавливается следующей теоремой.

Теорема 2

Пусть $\varepsilon \in (0, d/2)$, а разбиение таково, что выполняется условие (5). Тогда для всех $\forall f \in C_\Gamma$ и $Z \in \Gamma$

$$|(I_{\tau, \varepsilon} f)(z) - \tilde{f}(z)| \leq C(\Gamma) \left(\int_0^{\varepsilon} \frac{\omega_f(x) \omega_\varepsilon(x)}{x} dx + \omega_f(\|\tau\|) \int_{\alpha}^{\frac{1}{2}\omega_\varepsilon(x)} \frac{\omega_\varepsilon(x)}{x} dx + \|\tau\| \int_{\alpha}^{\frac{1}{2}\omega_f(x)} \frac{\omega_f(x)}{x} dx \right)$$

Здесь $I_{\tau, \varepsilon}$ двупараметрическая квадратурная формула

$$(I_{\tau, \varepsilon} f)(z) = \sum_{z \in \tau(z)} \left(\frac{f(Z_{je+1}) + f(Z_{je})}{2} - f(Z) \right) P_\tau(Z, Z_{je}) + \pi f(z)$$

$$P_\tau(Z, Z_{je}) = \frac{(y_{je+1} - y_{je})(x_{je} - x) - (x_{je+1} - x_{je})(y_{je} - y)}{|z - Z_{je}|^2},$$

$$z = x + iy; \quad z_{je} = x_{je} + iy_{je}; \quad r = \min_{j \neq j'} \text{dist}(y_j, y_{j'}); \quad \alpha = \frac{1}{2} \min \left\{ r, \frac{\varepsilon}{P'} \right\}$$

Следствие. Пусть выполняется условие (4).

$$\text{Тогда } \forall f \in C_\Gamma \quad \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \|Z_{\tau, \varepsilon} f - \tilde{f}\|_{C_\Gamma} = 0$$

Разработан новый метод определения характеристик многосвязной системы сложной конфигурации на основе применения теоремы Пуанкаре "О возвращаемости" замкнутой физической системы

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= U_1 \\ \frac{dy}{dt} &= U_2 \\ \frac{dU_1}{dt} &= -2R_0(P(x, y, t) - P_0(x, y, t)) \frac{dP}{dx} \\ \frac{dU_2}{dt} &= -2R_0(P(x, y, t) - P_0(x, y, t)) \frac{dP}{dy} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где (U_1, U_2) - скорость движения материального шарика; $P_0(x, y, t)$ заданное значение характеристики.

Для решения системы (6), используется метод Рунге-Кутты 4-ого порядка с начальными условиями (x^0, y^0, U_1^0, U_2^0) .

Математическая модель (1)-(4) адаптируется, то есть коэффициенты взаимовлияния корректируются на основе замеренных значений (P_i, Q_i) ,

$$i = \overline{1, M(t)}$$

$$a_{ij}^{(q)} = a_{ij}^{(q-1)} - \left(P_i^{(q)} - \sum_{j=1}^M a_{ij}^{(q-1)} Q_j^{(q-1)} \right) Q_j^{(q)} / \sum_{j=1}^M Q_j^{2(q)}$$

где q - шаг-время замеров (практическая точность достигается после 4-5 размеров).

Отметим, что значения характеристик могут отыскиваться как из (1)

$$(4) \quad P(x, y, t) = \varphi(x, y, t, x_i, y_i, Q_i(t)) + aK^{-1} \int_{\Gamma(t)} V(s, t) \ln R^{-1} ds \quad \text{и как решение}$$

следующей вариационной задачи $P(x_i, y_i, t) = P_i(t)$;

$$\iint_{R^2} \left(\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} \right) dx dy$$

- решение которой является сплайн-функция

$$P(x, y, t) = d(t) + a(t)x + b(t)y \sum_{i=1}^{M(t)} C_i(t) ((x-x_i)^2 + (y-y_i)^2) \times \ln((x-x_i)^2 + (y-y_i)^2).$$

Коэффициенты $a(t), b(t), c(t), d(t)$ определяются из решения системы линейных уравнений

$$P(x_i, y_i, t) = P_i(t), \quad \sum_{i=1}^{M(t)} C_i(t) = 0, \quad \sum_{i=1}^{M(t)} C_i(t) x_i = 0, \quad \sum_{i=1}^{M(t)} C_i(t) y_i = 0.$$

Изучена многокритериальность задач построения оптимальных характеристик (конструкций многосвязных систем, размещения источников и выбора режима их работы и т.д.) при минимальных

энергетических потерях, показывается применимость теоремы Пуанкаре для построения Парето-множества (предлагаются два новых критерия оптимальности). Управление производится по принципу обратной связи (решаются задачи управления, при найденных управляющих параметрах находятся координаты источников многосвязных систем).

Для отыскивания множества эффективных решений решается следующая многокритериальная задача

$$\{f_1(x), \dots, f_e(x)\} \rightarrow \min_{x \in D}, D = D_1 \cap D_2$$

где $D_1 = \{x \in R^n : g_i(x) \leq 0, i = \overline{1, n}\}$, $D_2 = \{x \in R^n : h_i(x) \leq 0, i = \overline{1, k}\}$

Рассмотрим закрытую физическую систему с обобщенными координатами $(x, \lambda, \alpha) = (x_1, \dots, x_n, \lambda_1, \dots, \lambda_e, \alpha_1, \dots, \alpha_k)$ и соответствующими импульсами $(U, V, W) = (U_1, \dots, U_n, V_1, \dots, V_e, W_1, \dots, W_k)$.

Тогда траектория движения физической системы определяется следующей системой дифференциальных уравнений

$$\frac{dx_i}{dt} = U_i$$

$$\frac{dU_i}{dt} = -\frac{\partial F(x, \lambda, \alpha, R, r, \varepsilon)}{\partial x_i}, i = \overline{1, n}$$

$$\frac{d\lambda_i}{dt} = V_i$$

$$\frac{dV_i}{dt} = -\frac{\partial F(x, \lambda, \alpha, R, r, \varepsilon)}{\partial \lambda_i}, i = \overline{1, e}$$

$$\frac{d\alpha_i}{dt} = W_i$$

$$\frac{dW_i}{dt} = -\frac{\partial F(x, \lambda, \alpha, R, r, \varepsilon)}{\partial \alpha_i}, i = \overline{1, k}$$

$$\text{где } F(x, \lambda, \alpha, R, r, \varepsilon) = \sum_{i=1}^e \frac{r}{\lambda_i + \varepsilon} + R \left(\sum_{i=1}^e \lambda_i - 1 \right)^2 + r \sum_{i=1}^n \frac{1}{g_i(x) + \varepsilon} + R \left(\sum_{i=1}^e \lambda_i \nabla f_i(x) + \sum_{i=1}^k \alpha_i \nabla h_i(x) \right)$$

Для зарисовки траектории используются простые и эффективные с точки зрения реализации на ЭВМ формулы

$$S_{\Delta}(Z_{jk}) = Z_{j-k} \left(1 - \frac{P}{R_{jik}} \right) \frac{P}{R_{jik}} - Z_{jik} \left(1 - \frac{P}{R_{jik}} \right) \left(\frac{P}{R_{jik}} \right)^2 + Z_{j-k} \left(1 - \frac{P}{R_{jik}} \right)^2 \left(1 + \frac{2P}{R_{jik}} \right) + Z_{jik} \left(3 - \frac{2P}{R_{jik}} \right) \left(\frac{P}{R_{jik}} \right)^2$$

$$j = \overline{1, N_k}; j = \overline{2, M_j + 1}; k = \overline{0, q}$$

R_{jik} - число точек траектории.

Алгоритм решения проблем основан на идее методов оптимизации многокритериальной оптимизации (включая случай, когда ЛПР не имеет достаточного опыта), динамического и нелинейного (различные поисковые методы) программирования, метода наименьших квадратов с ограничениями и реализуется в два этапа.

На первом этапе определяются стратегии выбора управляющих параметров с учетом фазовых и технологических ограничений. На втором этапе определяются значения параметров управления с учетом технологических и производственных ограничений. Об удачном выборе шага стратегии управления можно говорить только, после завершения второго этапа. Решение задачи достигается за конечное число шагов. На каждом временном шаге происходит возврат в автоматизированную систему решения прямых задач, так как найденные решения обратных активных задач не могут обеспечить задаваемую или вычисляемую согласно критериям оптимальность многосвязных систем.

Разработанные алгоритмы и пакеты прикладных программ реализованы на базе компьютера типа IBM PC/AT в объектно-ориентированных рабочих станциях, связанных в локальные вычислительные сети управлений.

Список литературы: 1. Садыхов Р.А. Математическое моделирование и управление много-связными системами в ограниченных средах. // Актуальные проблемы фундаментальных наук.- Москва; МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1994 г. 2. Садыхов Р.А. Компьютерное моделирование и управление.-Баку. АзТУ, 1997 г.

ОПОРИ РІДИННОГО ТЕРТЯ ДЛЯ РОТОРНИХ ГІДРОСТРУМЕНЕВИХ ГОЛІВК

Саленко О.Ф., Колесник М.П. (КДПІ, м. Кременчук, Україна)

In work questions of mathematical modelling of hydraulic support are considered(examined), which are used in units of hydraulic rotating devices of jet engineering. Equations of balances of the charges through a cavity of support are resulted(brought), results of modelling are generalised. A conclusion about expediency of use of such support in a design of jet devices is made.

Ефективність технологій гідроструменевої поверхневої обробки (наприклад, формування мікропрофілю поверхні, очищення від забруднень та лаково-фарбових покриттів, пошарова обробка тощо) значною мірою обумовлюється пристроями формування струменів високого тиску (сопловими насадками) та пристроями, що забезпечують переміщення останніх уздовж оброблюваної поверхні. Дослідженнями встановлено, що найбільш доцільними у використанні являються роторні голівки, що отримують обертовий рух від динамічного впливу потоку технологічної рідини, котра надходить від системи високого тиску до заспокоюючих каналів соплових насадок. Частота обертання роторної частини такої голівки буде залежати від конструктивних параметрів каналу живлення, тиску, витрати рідини, а також буде визначатися моментом опору у опорах, який може бути досить суттєвим, особливо при значних розмірах голівки. З іншого боку, опори повинні відповідати ряду вимог, зокрема, достатній корозійній стійкості, ущільненості, високій навантажувальній спроможності та забезпечувати сталий мінімальний момент опору на всіх режимах ведення обробки.

Таким вимогам відповідають лише рідинні опори, що можуть для свого функціонування використовувати енергію технологічної рідини за умови її достатнього ступеня очищення. Авторами зроблено спробу використання у підшипникових вузлах ротаційних голівок гідроопор, розглянутих у роботах [1], [2]. При цьому для визначення оптимального профілю карманів та умов надходження рідини для підживлення опор створено математичну модель руху рідини через порожнини опори.

До уваги прийняті наступні припущення:

- при використанні малов'язких рідин, що надходять до порожнин опори під високим тиском та високих відносних швидкостях ковзання режим течії у щілинах - розвинутий турбулентний. Як свідчить робота [3], така гіпотеза підтверджується експериментальними даними при проливанні кільцевих щілин, для яких $\frac{\mu\omega}{P} < f_{\min}$. При цьому можна вважати, що турбулентний режим у щілинах виникає при $Re = \frac{\omega r \delta}{\nu} > 1000$.

- кількість порожнин у опорі дорівнює біскінечності. На основі проведених досліджень можна вважати, що, починаючи з деякої кількості порожнин подальше підвищення їх кількості практично не впливає на вантажоспроможність опори. Це дає можливість розповсюджувати результати розрахунку підшипників з безкінечною кількістю порожнин на підшипники з кінцевою, достатньо великою їх кількістю.

- коефіцієнти опору щільових зазорів не залежать від частоти обертання спорідненого елементу.

З урахуванням наведених посилок розрахункова схема буде відповідати рис. 1.

Якщо прийняти до уваги, що споріднений обертовий елемент неухомий, $n=0$, а навантаження на опорі практично відсутнє (відсутній також і ексцентриситет), то динамічними перетічками рідини між сусідніми парами порожнинами можна нехтувати. В цьому випадку баланс витрат через напорну порожнину k -тої пари становитиме:

$$Q_n = Q_{ck} + Q_{ck+1} + Q_{kr},$$

де Q_n - витрата рідини через дросель живлення Dr_k ;

Q_{ck} - обсяг перетічок через з'єднувальний канал у сусідню зливну порожнину (дроселюванням через зливний отвір в порожнині у першому наближенні нехтуємо);

Q_{ck+1} - перетічки рідини у наступну зливну порожнину;

Q_{kr} - обсяг перетічок через кромки контура несучої порожнини.

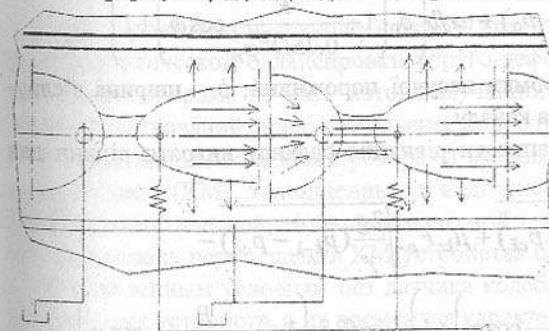
Можна також записати баланс витрати рідини через зливну порожнину k -тої пари:

$$Q_c = Q_{ck} + Q_{ck-1}.$$

Визначивши витрати рідини через відповідні перепади тиску на дроселюючих елементах, отримуємо формулу:

$$\begin{aligned} \mu_n F_d \sqrt{\frac{2g}{\gamma} (p_n - p_k)} &= \mu_{ck} F_k \sqrt{\frac{2g}{\gamma} (p_k - p_{ck})} + \\ &+ \mu_{kr} F_p \sqrt{\frac{2g}{\gamma} (p_k - p_{ck+1})} + \mu_{bk} F_b \sqrt{\frac{2g}{\gamma} (p_k - p_0)} \end{aligned}$$

У формулі $\mu_n, \mu_{ck}, \mu_{kr}, \mu_{bk}$ - коефіцієнти витрати рідини для дроселя живлення,



з'єднувального каналу, робочої кромки несучої порожнини та бічних кромки відповідно; F_d, F_k, F_p, F_b - активні площі прохідних перетинів відповідно дроселя живлення, з'єднувального каналу, робочої кромки та бічного контура несучої порожнини;

Рис. 1. Розрахункова схема опори рідинного тертя.

p_n ; p_0 - тиск джерела живлення та тиск в зливній магістралі; p_k ; p_{ck} ; p_{ck-1} - тиск у несучій порожнині, зливних порожнинах попередньої та наступної пар. Внаслідок симетричності навантаження ці тиски будуть однаковими.

Коефіцієнт витрати через щілину δ довжиною $r\Delta\varphi$ визначиться наступним чином:

$$\mu_i = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi + \frac{\lambda r \Delta\varphi}{2\delta}}}$$

де λ - коефіцієнт втрат на тертя в клиновій частині порожнини; ξ - коефіцієнт стискування струменя (внаслідок того, що радіуси кромки щілин приблизно дорівнюють величині зазору приймають $\xi=1$).

Однак текуча величина зазору δ величиною постійною не є та безпосередньо залежить від ексцентриситету χ , та кута φ відносно лінії ексцентриситету:

$$\delta = \delta_0(1 + \chi \cos\varphi).$$

У разі обертання рухомого елемента рівняння балансу витрат для несучої порожнини отримає дві додаткові складові, що враховують перенесення рідини від k -тої напорної порожнини до зливної $k+1$ та від зливної k -тої порожнини через з'єднувальний канал до напорної k -тої, що буде відображено залежністю:

$$\begin{aligned} \omega r b \delta_0 \left(1 + \frac{R}{0.75 D^2 p_n} \cos\varphi \right) + \mu_n F_d \sqrt{\frac{2g}{\gamma} (p_n - p_k)} = \\ = \mu_{ck} F_k \sqrt{\frac{2g}{\gamma} (p_k - p_{ck})} + \mu_{kr} F_p \sqrt{\frac{2g}{\gamma} (p_k - p_{ck+1})} + \\ + \mu_{bk} F_b \sqrt{\frac{2g}{\gamma} (p_k - p_0)} + \omega r b \left(\delta_0 \left(1 + \frac{R}{0.75 D^2 p_n} \cos\varphi \right) + l \right) \end{aligned}$$

де B - ширина робочої кромки несучої порожнини; b - ширина з'єднувального каналу; l - глибина каналу.

Аналогічно можна записати рівняння балансу витрати рідини для зливної порожнини опори:

$$\begin{aligned} Q_c = \mu_{ck} F_k \sqrt{\frac{2g}{\gamma} (p_k - p_{ck})} + \mu_{kr} F_p \sqrt{\frac{2g}{\gamma} (p_{k-1} - p_{ck})} - \\ - \omega r b \left(\delta_0 \left(1 + \frac{R}{0.75 D^2 p_n} \cos\varphi \right) + l \right) + \omega r b \delta_0 \left(1 + \frac{R}{0.75 D^2 p_n} \cos\varphi \right) \end{aligned}$$

Зрозуміло, що з підвищенням швидкості відносного руху динамічні складові останніх рівнянь будуть зростати, що дозволяє знижувати обсяг рідини живлення опори. Регулювання цього обсягу здійснюється автоматично, шляхом зміщення вісі цапфи з рівноважного стану при збільшенні динамічного підпору рідини (при збільшенні тиску живлення та швидкості обертання роторної частини голівки). Останнє забезпечує умови роботи опори в голівці, що наближаються до оптимальних.

Таким чином, запропонований тип опор може з успіхом використовуватися у гідроструменевих ротаційних голівках.

Список літератури: 1. Патент України № 18903 А "Шпіндельний вузол" - Бюллетень №6 від 25.12.97. Автори Саленко О.Ф. та ін. 2. В. Б. Струтинский, В. А. Федорец, А. Ф. Саленко, Н. П. Колесник Высокооборотные опоры жидкостного трения: разработка и исследование. Деп. рук. В ГНТБ Украины № 1050 УК96 от 29.04.96. 3. Буренин В. В. и др. Конструкция и эксплуатация центробежных насосов. - М.: Маш. - 1977. - 151 с.

К ВОПРОСУ АВТОМАТИЧЕСКОГО УРАВНОВЕШИВАНИЯ РОТОРОВ КОРРЕКТИРУЮЩИМИ ДИСКАМИ

Сахно Ю. А., Федориненко Д. Ю., Чуприна В. М., Сахно Е. Ю.
(ЧТИ, г. Чернигов, Украина)

The ways of improving the efficiency of correcting weights braking have been proposed. The problem of analysing the static deflection and turning angle of a rotor has been studied.

В Черниговском технологическом институте развивается направление автоматической балансировки упруго-деформируемых роторов с податливыми опорами на базе метода случайного поиска [1]. В результате усовершенствований предложено внести в случайный поиск закономерность радиальных колебаний ротора от круговых перемещений корректирующих масс (КМ), выполненных в виде дисков. Благодаря использованию гидростатической, гидродинамической и аэростатической опор в качестве привода перемещений КМ устройства балансировки адаптированы к промышленным условиям без датчика колебаний, усилительных и преобразующих устройств, а их временная характеристика стала вполне определенной. Для срабатывания корректирующих дисков предложено размещать их в месте максимального прогиба ротора, как упругой балки, на

опорах [2], а для уменьшения моментной неуровновешенности диски располагают как можно ближе к неуровновешенной части ротора.

В результате прогиба и смещения ротора под действием центробежных сил на величину e в податливых опорах любая точка его геометрической оси, совершает прямое синхронное прецессионное движение по окружности, вызывающее вибрации, дополнительные нагрузки в опорах и напряжения в материале ротора. Корректирующие диски, вращаясь вместе с неуровновешенным ротором, касаются тормозных опор - гидродинамической, гидростатической или аэростатической; возникающие при этом

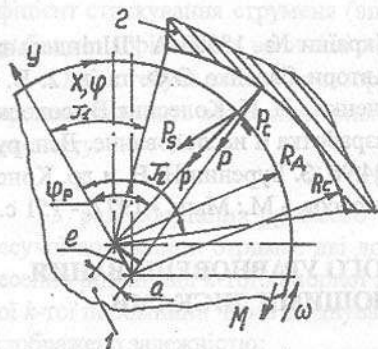


Рис. 1. К определению тормозного момента на корректирующем диске.

Вследствие малых рабочих зазоров в тормозных опорах, соизмеримых с амплитудами колебаний ротора, силы, поворачивающие корректирующие диски, непосредственно связаны с радиальным смещением ротора от дисбалансов. Для срабатывания корректирующих дисков необходимо, чтобы тормозной момент был достаточен для преодоления усилий их фиксации от возможного поворота инерционными силами при угловом ускорении и замедлении ротора. Поэтому представляется важным вопрос повышения эффективности торможения корректирующих дисков. Торможение КМ жидкостным трением не эффективно из-за нагрева рабочей жидкости, поэтому в данной статье исследуется влияние силы гидростатического давления на торможение дисков.

Сила давления жидкости на стенки конической щели между поверхностями корректирующего диска 1 и тормозного сегмента опоры 2 (рис. 1) может быть представлена в виде результирующей силы

$$P = \sqrt{P_s^2 + P_c^2}, \quad (1)$$

тормозные силы поворачивают диски относительно друг друга на дискретное число угловых шагов, что формирует компенсационный дисбаланс $\vec{D}_{КД1} + \vec{D}_{КД2}$. Когда суммарный вектор дисбалансов КМ уравнивается с вектором режимного дисбаланса $\vec{D}$ и будет действовать противоположно, произойдет уменьшение вибраций ротора настолько, что корректирующие диски, вращаясь не будут касаться тормозных поверхностей; случайный поиск уравнивания роторной системы заканчивается.

где P_s и P_c - проекции силы на взаимноперпендикулярные оси (см. рис. 1).

С учетом интегрального уравнения силы давления для конической щели [3] и, вводя через соотношение $dx = R_d d\varphi$ новую переменную интегрирования φ , запишем выражение для результирующей силы как

$$P = R_d W \sqrt{\left(\int_{\tau_1}^{\tau_2} p(\varphi) \sin \varphi (1 - \cos \varphi) d\varphi \right)^2 + \left(\int_{\tau_1}^{\tau_2} p(\varphi) \cos \varphi \sin \varphi d\varphi \right)^2}, \quad (2)$$

где R_d - радиус корректирующего диска; W - ширина щели; $p(\varphi)$ - закон распределения давления по углу φ ; τ_1 и τ_2 - углы начала и конца тормозной секции опоры в цилиндрической системе координат.

Сила P , действуя на плече a , создает на корректирующем диске тормозной момент. Плечо a найдем из геометрических построений в виде

$$a = e \sqrt{1 - \left(\frac{R_c^2 + e^2 - (R_d + \delta_p)^2}{2R_c e} \right)^2}, \quad (3)$$

где R_c - радиус тормозного сегмента опоры; $\delta_p = \delta_0 + e \cos \varphi_p$; δ_0 - величина радиального зазора в щели при $e=0$; φ_p - угол положения результирующей силы P в цилиндрической системе координат. Тогда момент от действия силы P с учетом (2) и (3) выразится зависимостью $M = P \cdot a$, которая позволит для разных значений δ_0 вычислить функции $M=f(e)$, обеспечивая формирование управляющего воздействия на КМ с учетом прогиба ротора.

Расчетная модель для определения прогиба ротора представлена в виде упругой ступенчатой балки с распределенными параметрами, закрепленной на упруго-демпфирующих опорах. Посредством n радиальных сечений балка разделена на $n-1$ участков.

Алгоритм решения указанной задачи основан на составлении и решении матричного уравнения, связывающего параметры в начальном сечении балки через переходные матрицы ее участков с параметрами в конечном сечении, а также силовым фактором, действующим в k -том сечении

$$[Y_n] = [A] \cdot [Y_1] + [B] \cdot [Z_k], \quad (4)$$

где $[Y_1]$, $[Y_n]$ - матрицы-столбцы комплексных параметров на концах балки; $[Z_k]$ - матрица-столбец внешней нагрузки; $[A]$ - матрица, равная произведению переходных матриц для всех сечений и участков балки; $[B]$ - матрица, равная произведению переходных матриц балки, расположенных после k -го сечения.

По известным параметрам балки в крайнем сечении находятся параметры в m -ном сечении по выражению

$$[Y_m] = [C] \cdot [Y_1], \quad (5)$$

где $[C]$ - матрица, равная произведению переходных матриц от 1-го до m -го сечений.

Составлена программа расчета на ПЭВМ статических прогибов и углов поворота балки, динамической податливости в виде АФЧХ в месте размещения корректирующих дисков и других сечениях, а также форм колебаний роторной системы.

Список литературы: 1. Сахно Ю. А., Сахно Е. Ю., Федориненко Д. Ю. // Автоматическая балансировка роторных систем с изменяющимся дисбалансом. Прогрессивные технологии машиностроения и современность. Сб. научных трудов. - Донецк: ДонГУТУ, 1997. - С. 214-215. 2. Сахно Ю. А., Сахно Е. Ю. Шпиндельный узел с устройством автоматической балансировки // СТИН. - М.: Машиностроение, 1997. №6. - С. 20-22. 3. Емцев Б. Т. Техническая гидромеханика. - М.: Машиностроение, 1978. - 463 с., ил.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОНКОЙ ВОЛЬФРАМОВОЙ ПРОВОЛОКИ, ПОЛУЧЕННОЙ ГИДРОСТАТИЧЕСКИМ ВОЛОЧЕНИЕМ

Сенникова Л. Ф., Матросов Н. И. (ДонФТИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Mechanical properties and the surface perfection of fine wires from tungsten alloy W - 0,1 % HfC - 0,03 % C and tungsten of BA - brand produced by hydrostatic drawing at room temperature and with heating of workpieces have been investigated.

Известно, что традиционные горячие методы обработки тугоплавких материалов приводят к окислению и газонасыщению металлов, тем самым снижая их технологическую пластичность.

Деформация в холодном состоянии позволяет исключить газонасыщение и окисление металла. Деформирование в условиях малых сил трения между обрабатываемым металлом и инструментом за счет гидростатического эффекта жидкости снижает растягивающие напряжения.

Весьма интересны также результаты исследований совместного влияния давления и температуры на пластичность металлов [1], из которых следует, что эффективность действия давления на пластичность возрастает с повышением температуры.

В настоящей работе изучены механические свойства и качество поверхности тонкой вольфрамовой проволоки, полученной гидростатическим

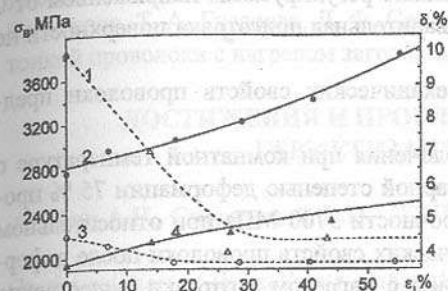


Рис.1. Изменение механических свойств проволоки W-0,1%НfC-0,03% С в зависимости от степени деформации: 2, 3 - исходный диаметр 0,3 мм, предварительно деформированная; 1, 4 - исходный диаметр 0,28 мм, термообработанная.

~ 4,0 %, а также проволока из вольфрама марки ВА диаметром 0,23 и 0,2 мм с исходной прочностью 2300 и 2400 МПа, соответственно, и относительным удлинением ~ 5,0 %.

Деформация проволоки осуществлялась на установках для гидростатического волочения насосного и прессового типа (разработчик - ДонФТИ НАНУ).

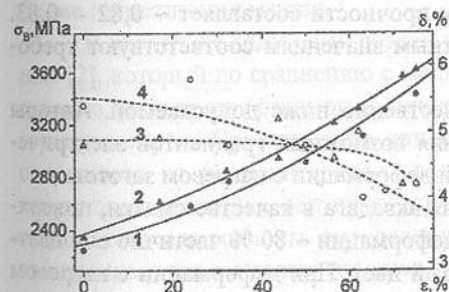


Рис.2. Изменение механических свойств проволоки ВА в зависимости от степени деформации: 2, 3 - гидростатическое волочение; 1, 4 - гидростатическое волочение с нагревом заготовки.

ским волочением при комнатной температуре, а также с нагревом заготовки.

Материалом для исследований служила проволоочная заготовка из вольфрамового сплава W - 0,1 % HfC - 0,03 % C диаметром 0,28 мм в термообработанном состоянии с пределом прочности $\sigma_b = 1980$ МПа при относительном удлинении $\delta = 10$ % и предварительно деформированная проволока диаметром 0,3 мм с пределом прочности $\sigma_b = 2820$ МПа и относительным удлинением

~ 4,0 %, а также проволока из вольфрама марки ВА диаметром 0,23 и 0,2 мм с исходной прочностью 2300 и 2400 МПа, соответственно, и относительным удлинением ~ 5,0 %.

Схема гидростатического волочения проволоки без нагрева и с нагревом представлена в работах [2, 3]. Основные технологические параметры: величина гидростатического давления 200 - 500 МПа, степень единичного обжатия до 30 %, скорость волочения до 0,3 м/с, плотность тока при нагреве заготовки - 75 - 190 А/мм². Для нагрева заготовки использовался источ-

ник питания постоянного тока с плавно регулируемым напряжением от 0 до 36 В, силой тока до 40 А. Предварительная подготовка поверхности не проводилась.

Результаты исследования механических свойств проволоки представлены на рисунках 1 и 2.

После гидростатического волочения при комнатной температуре с диаметра 0,2 мм до 0,1 мм с суммарной степенью деформации 75 % проволока марки ВА имеет предел прочности 3700 МПа при относительном удлинении 4,5 %. Уровень механических свойств проволоки после деформации гидростатическим волочением с нагревом заготовки существенно не отличается от уровня свойств, наблюдаемых после гидростатического волочения без нагрева. Однако применение электронагрева с плотностью пропускаемого электрического тока до 180 А/мм² при деформации вольфрамовой проволоки снижает важную технологическую характеристику - напряжение волочения в 1,4 - 1,6 раза, что позволяет получить проволоку хорошего качества.

Поверхность деформированной проволоки, как в случае гидростатического волочения при комнатной температуре, так и с нагревом заготовки однородная, достаточно гладкая (шероховатость поверхности 0,15 - 0,3 мкм) с рисками глубиной 0,2 мкм, без трещин и расслоений.

Необходимо подчеркнуть, что высокий уровень прочности проволоки достигается при удовлетворительной пластичности материала. Отношение предела текучести к пределу прочности составляет ~ 0,82 - 0,83. Механические свойства по абсолютным значениям соответствуют требованиям ГОСТа 19671-91.

Спиральность проволоки существенно ниже допускаемой. Авторы не обнаружили активного проявления возможных градиентов электрического потенциала и температуры при деформации с нагревом заготовки.

Ввиду исключения применения аквадага в качестве смазки, поверхность проволоки после суммарной деформации ~ 80 % частично очищается от него и приобретает светло-серый цвет. При деформации с нагревом наблюдаются цвета побежалости темно-синего оттенка.

Таким образом можно сказать, что проволока, деформированная с применением высоких гидростатических давлений по качественным показателям соответствует аналогам, получаемым по традиционной технологии.

Список литературы: 1. В. Л. Колмогоров. Напряжение, деформации, разрушение. М.: Металлургия. - 1977. - 229 с. 2. Н. И. Матросов, Г. А. Раханский, Л. Ф. Сенникова, Н. Н. Сынова. Гидростатическое волочение

точной проволоки. КИП. - 1988. - №4. - С.12 - 13. 3. Н. И. Матросов, В. А. Чернышев, Т. А. Гусарова, Л. Ф. Сенникова. Гидростатическое волочение тонкой проволоки с нагревом заготовки. ФТВД. - 1994. - т.4. - №2. - С.95.

ДОСТИЖЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ ТРИБОСИСТЕМ ГЕРМЕТИЗАЦИИ МАШИН

Сербин А.Н., Снеговский Ф.П. (ХЭПИ, УГТУ, ХФ, г. Херсон, Украина)

On the relation of the author's elaborate in the region tribotechnic and tribomonitoring exemption the questions of the theory the hermetic tribo system of machines and define the problems in the future the perfection.

Уплотнительные устройства валов машин, как трибосистемы, в значительной мере (до 90%) определяют работоспособность и надежность узлов трения машин. Оценка работы уплотнений, применяемых в ведущих отраслях машиностроения, дана в работе [1], в которой, благодаря впервые созданной «машине для исследования подшипниковых уплотнений» (а.с. 135229), определены потери на трение непосредственно в уплотнительном узле и раскрыт механизм утечек смазочной жидкости через манжетное уплотнение, определены другие рабочие параметры герметизирующих трибосистем. Эта работа явилась основой для дальнейших разработок по проблеме герметизации машин.

В последние годы нами создан новый стенд для испытания уплотнений [2], который по сравнению с машиной по а.с. 135229 позволяет существенно расширить режимные диапазоны и типоразмеры исследуемых герметизаторов. Оригинальная конструкция измерительного устройства, состоящего из дополнительного вала, электромагнитного подшипника, струнного подпятника, ленточной пружины с зеркальцем и шкалы существенно повысила точность определения малых моментов трения. Разработанные нами так же новые средства трибомониторинга: датчик температуры (а.с. 601042), датчик давления (а.с. 1010473), датчик толщины смазочного слоя (а.с. 805100), зонд для измерения намагниченности магнитного поля (а.с. 1208521), и использованные при стендовых исследованиях, позволили получить экспериментальные данные, обеспечившие в конечном итоге усовершенствование существующих и создание новых герметизирующих систем.

В манжетных герметизаторах по а.с. 1010366, 1460498 создается режим жидкостного трения, действуют эффекты самоуплотнения и избыточного переноса. Достигнут существенный технико-экономический

эффект: утечки смазочной жидкости практически отсутствуют, потери на трение сокращены в 1,5...2 раза, ресурс наработки увеличен в 2,5...5 раз. В лабиринтных герметизаторах по а.с. 956879, 1086265 и 132076, благодаря применению торообразной малогабаритной камеры с дренажным отверстием, отсосом жидкости из лабиринта при помощи эжекции централизованной системы смазки и рациональному использованию эксцентриситета вала, утечки смазочной жидкости уменьшены в 1,3...5,0 раза, что почти соответствует показателям манжетных герметизаторов.

В магнитожидкостных герметизаторах по а.с. 872878, 954689, 962106, 1008545, 1020674 и 117233 при помощи применения постоянных магнитов или использовании электромагнитов, создающих вращающееся магнитное поле, обеспечивается повышение выдерживающегося перепада давления уплотняемой среды и расширяются диапазоны скоростей скольжения (с 20 м/с до 30 м/с).

Данные лабораторных исследований и промышленных испытаний различных конструкций герметизирующих трибосистем, опыт внедрения их в конструкцию машин и механизмов создали предпосылки для уточнения теории и расчета герметизаторов валов. Вопросы теории и практики работы манжетных уплотнений, как герметизирующих трибосистем, достаточно подробно рассмотрены нами в работе [3], а вопросы надежности - в работе [4] и в основном удовлетворяют современным требованиям науки и техники.

К настоящему времени созданы необходимые экспериментальные основы для дальнейшего совершенствования теории работы герметизаторов всех типов, создания надежных методик их расчета и разработки достаточно обоснованных рекомендаций по применению их в машинах и механизмах.

Список литературы: 1. Снеговский Ф.П. Опоры скольжения тяжелых машин. М. Машиностроение, 1969, 220с. 2. А.С. 1506322. Стенд для испытания уплотнений. /Снеговский Ф.П., Сербин А.Н. - Опубл. - 07.09.89, Бюл. № 33. 3. Снеговский Ф.П., Сербин А.Н. Теория и практика работы манжетных уплотнений. В сб. Исследование гидростатических опор и уплотнений двигателей летательных аппаратов. г. Харьков, ХАИ, 1986, с.125-130 4. Сербин А.Н., Снеговский Ф.П. Повышение надежности манжетных уплотнений. Сб. Трение и износ, т.8, №5, АН БССР, Изд-во «Наука и техника», Минск, 1987, с.933-937.

О ДИНАМИЧЕСКОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КАНАТОВ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

Середа Н. В. (ХГАГХ, г. Харьков, Украина)

The influence of dynamic loads on the strength and durability of ropes of hoisting plants in view of electric drive characteristics was investigated. The distribution of stresses along the length of rope was received.

Динамические нагрузки, обусловленные конструктивными несовершенствами шахтных подъемных установок и силовыми переходными процессами, можно описать временными функциями.

Основной критерий работоспособности каната - характер распределения напряжений в его поперечном сечении. Поскольку канат - сложная механическая система, основными напряжениями, возникающими в проволочках каната, являются нормальные σ_p , изгибные σ_u и кручения τ .

Запишем формулы для определения этих напряжений в подъемном канате:

$$\sigma_p = E_{np} \left[\frac{\partial v_1}{\partial x} \left(\cos \beta \cos \alpha + \frac{r}{r_0} \sin^3 \beta \sin \alpha \right) \cos \alpha \cos \beta + \right. \\ \left. + r_0 \frac{\partial v_2}{\partial x} \left(\cos \alpha \cos \beta + \frac{r}{r_0} \sin \alpha \cos^3 \beta \right) \cos \alpha \cos \beta \right]; \quad (1)$$

$$\sigma_u = E_{np} \frac{\delta}{2} \cos \psi \left\{ \frac{\partial v_1}{\partial x} \left[\frac{1}{2r_0} (1 + \cos^2 \alpha) \sin 2\alpha \sin^3 \beta \cos \beta - \right. \right. \\ \left. - \frac{1}{4r_0} \cos 2\alpha \cos^2 \alpha \sin^2 \beta \cos \varphi - \frac{1}{4r} \sin^2 2\alpha \cos \beta \right] + \\ \left. + \frac{\partial v_2}{\partial x} \left[\frac{1}{2} (1 + \cos^2 \beta) \cos 2\alpha \cos^2 \alpha \sin 2\beta \cos \varphi - \right. \right. \\ \left. - \frac{r_0}{8r} \sin^2 2\alpha \sin 2\beta + \frac{1}{2} (1 + \cos^2 \alpha) \sin 2\alpha \cos^4 \beta \right] \right\}; \quad (2)$$

$$\tau = G \frac{\delta}{2} \cos \alpha \cos \beta \left[\frac{\partial v_1}{\partial x} \left(\frac{1}{r} \sin^3 \alpha \cos \beta + \frac{1}{r} \sin^3 \beta \cos^3 \alpha \right) + \frac{\partial v_2}{\partial x} \left(\frac{r_0}{r} \sin^3 \alpha \sin \beta + \cos^3 \alpha \cos^3 \beta \right) \right]; \quad (3)$$

$$\sigma_{\text{эфф}} = \sqrt{(\sigma_p + \sigma_{\text{ц}})^2 + 3\tau^2}, \quad (4)$$

где $E_{\text{пр}}$ - модуль продольной упругости материала проволоки; r, r_0 - радиусы слоев проволоки в пряди и пряди в канате; α, β - углы свивки проволоки в прядь и пряди в канат; ψ, φ - полярные углы в точках сечения проволоки и пряди; δ - диаметр проволоки; G - модуль сдвига; V_1, V_2 - продольные и крутильные [1] перемещения каната.

Анализом формул (1)-(4) на ПЭВМ установлено, что наибольшие эквивалентные напряжения возникают в подъемных канатах грузовой ветви в верхнем положении, а наименьшие - в разгруженной ветви каната при нахождении сосуда в нижнем крайнем положении.

Значения напряжений, возникающие в канатах подъемной установки, получены для двух типов привода - тиристорного и асинхронного. Это позволяет сравнить их с позиций прочности механической части подъемной установки. При выборе оптимальных параметров шахтной подъемной установки рекомендуют пользоваться наиболее прогрессивным методом оценки несущей способности канатов - расчетом по их сроку службы.

Шахтные канаты, а также канаты различных грузоподъемных машин работают в режимах нестационарных динамических нагрузок, вызывающих продольные или продольно-крутильные колебания.

Для оценки влияния колебательных процессов на срок службы канатов необходимо знать их динамическую долговечность N_d , которая является функцией средних σ_m напряжений циклов.

Теория долговечности упругих систем при переменных нагрузках, как известно, основана на выявлении действующих в системе максимальных и минимальных напряжений. С их помощью определим среднее и амплитудное напряжения для подъемных установок с тиристорным и асинхронным приводами.

Располагая этими данными для подъемных канатов, можно оценить долговечность последних, выраженную количеством повторных перегибов.

Кривая долговечности каната, изображена на рис.1. Здесь по оси абсцисс отложено приведенное (по четвертой теории прочности) среднее

напряжение в канате σ_m , а по оси ординат - количество повторных перегибов N_d , которое канат выдерживает до разрушения. Отметим, что кривые соответствуют значению амплитудных напряжений σ_a .

Воспользуемся кривыми для оценки долговечности канатов при переходе с асинхронного на тиристорный привод. При асинхронном приводе максимальное напряжение в канатах подъемных установок равно 260,4 МПа, а минимальное - 118,9 МПа.

Для тиристорного привода $\sigma_{\text{макс}} = 212,2$ МПа, $\sigma_{\text{мин}} = 145,2$ МПа. С помощью формул при асинхронном приводе получаем

$$\sigma_m = \frac{260,4 + 118,9}{2} = 189,65 \text{ МПа};$$

$$\sigma_a = \frac{260,4 - 118,9}{2} = 70,75 \text{ МПа};$$

При этих данных канат выдерживает до разрушения 15 тыс. повторных перегибов.

В случае использования тиристорного привода

$$\sigma_m = \frac{212,2 + 145,2}{2} = 178,7 \text{ МПа};$$

$$\sigma_a = \frac{212,2 - 145,2}{2} = 33,5 \text{ МПа},$$

т. е. долговечность каната составляет 24 тыс. повторных перегибов.

Таким образом, долговечность каната при переходе с асинхронного привода на тиристорный повышается в 1,6 раза.

Итак, предложенная в статье методика обоснования и расчета долговечности каната как функция средних и амплитудных напряжений циклов позволяет по расчетным напряжениям оценить долговечность канатов при любых типах приводов.

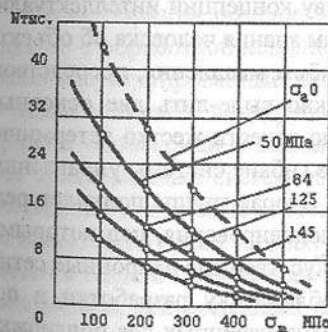


Рис. 1 Кривая долговечности канатов.

Список литературы: 1. Серeda Н. В. Собственные частоты и формы главных продольно-крутильных колебаний шахтных подъемных и уравновешивающих канатов переменной длины. - Динамика и прочность машин, 1980, вып. 32, с. 103-111.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Сетлак Г. (Политехнический Институт, г. Жешув, Польша)

This paper presents a project of intelligent decision support system for management. In this expert system as an inference engine is developed neural net, which makes easier processing fuzzy knowledge. Have been described conceptual model of the hybrid system. There also have been presented example of application a scheduling problems.

1. **Введение.** Используемая передовая технология в промышленном производстве ставит перед конструкторами и специалистами в области управления новые задачи. Традиционные методы и средства управления производством уже не могут обеспечить решения проблем, возникающих в современном машиностроении. Одновременно с внедрением интегрированных автоматизированных производственных систем, среди специалистов в области управления наметилось значительное повышение интереса к новым нетрадиционным подходам, объединенных общей целью интеллектуализации систем управления производством. Среди таких подходов, в зависимости от того, что положено в основу концепции интеллектуализации - формализованные каким-либо образом знания человека об объекте управления, или свойственные человеку приёмы мышления, посредством которых он изучает окружающий мир, можно выделить две основные группы [1]. К первой группе подходов можно отнести жестко детерминированные экспертные системы, а также более гибкие системы управления, основанные на нечёткой логике (fuzzy logic). Вторая группа подходов реализуется в рамках эволюционных методов моделирования, под которыми подразумеваем генетические алгоритмы и искусственные нейронные сети.

В работе предлагается рассмотреть проблематику разработки и построения гибридных экспертных систем, предназначенных для поддержки принятия решений в управлении производством. Представляется возможность применения в таких системах нейросетевых моделей и генетических алгоритмов.

2. **Общая характеристика проблематики.** Управление рассматриваем как ряд определённых решений различных проблем, принимаемых на всех организационных уровнях предприятия соответствующим лицом принятия решения, которые связаны с функционированием предприятия. Все зада-

чи, выступающие в процессе принятия решений в управлении производством, можно поделить на три основные класса [2].

К первому классу относятся полностью формализованные задачи, для которых можно разработать структурированные процедуры выработки решений. Эти задачи решаются на уровне оперативного управления. Для их решения разработаны и подготовлены в соответствующих подсистемах формальные методы и процедуры. Для второго класса задач характерны слабо структурированные процедуры принятия решений в условиях неполной информации. К этому классу задач относятся задачи текущего и оперативно-календарного планирования производства, управление запасами, контроль и управление качеством, краткосрочное прогнозирование и другие. Следует отметить, что большинство задач календарного планирования принадлежит к классу NP-трудных задач или к классу NP-трудных задач в сильном смысле. Поэтому поиски новых подходов и методов эффективного решения такого класса задач не прекращаются в течение уже нескольких десятилетий. Задачи третьего класса требуют применения неструктурированных процедур выработки решений, использующих опытные знания, квалификации и интуицию человека. Это большинство задач стратегического управления: анализ рынка, выбор стратегии продуктов и развития производственной системы, выбор стратегии размещения производства и другие.

Таким образом, решение многих проблем в управлении производством связано с обработкой неполной, неточной информации. Это прежде всего слабо структурированные или даже вообще неструктурированные задачи. В таких системах поддержки решений при обработке нечётких знаний процесс объяснений и выводов значительно усложняется. Альтернативой для традиционных систем обрабатывающих нечёткие знания могут быть гибридные экспертные системы. Гибридные экспертные системы являются новой категорией интеллектуальных систем, которые появились в последние годы и представляют собой объединение традиционных экспертных систем, искусственных нейронных сетей, а также генетических алгоритмов и обучающихся систем. Используя все положительные свойства каждого из входящих в их состав технологий, гибридные экспертные системы обладают высшим интеллектуальным потенциалом. Благодаря этому они способны решать проблемы, которые были очень трудными или даже неразрешимыми для классических экспертных систем.

3. **Основные положения методов эволюционного моделирования.** Генетические алгоритмы и нейронные сети имеют общую природу, базируются на основных механизмах управляющих биологическими системами. Согласно с определением, данным в [3]:

«Искусственная нейронная сеть — это существенно параллельно распределенный процессор, который обладает способностью к сохранению и репрезентации опытного знания.»

На основе многочисленных исследований подтверждено, что искусственные нейронные сети обладают исключительными свойствами распознавания, характеризуются высоким допуском на случайные помехи. Во многих работах они используются в качестве классификатора [3]. Использование нейронных сетей в экспертных системах значительно упрощает процесс сбора, накопления и аквизиции знаний, который является самым трудным этапом во время разработки экспертной системы традиционными методами. Вместо вывода правил производится процесс обучения нейронных сетей на основе ретроспективных данных шаблонов. В работе [4] представлено применение гибридной экспертной системы для выбора стратегии продукта. В рассматриваемой системе нейронная сеть выполняет две функции традиционной экспертной системы: механизма выводов и базы знаний. Причём база знаний задаётся множеством весов нейронной сети.

Генетические алгоритмы основаны на теоретических достижениях синтетической теории эволюции, учитывающей микробиологические механизмы наследования признаков в природных и искусственных популяциях организмов и на накопленном человеческом опыте в селекции животных и растений [1]. В очень богатой современной библиографии по генетическим алгоритмам, они сначала в ранних работах используются как универсальное средство описания адаптаций в популяциях искусственных объектов, а в последующих, почти двадцатилетних исследованиях представляются как мощная поисковая процедура, способная решать задачи глобальной оптимизации [1]. Генетические алгоритмы решают оптимизационные задачи, используя эволюцию начальных решений (выбранных случайно), закодированных в виде хромосом. В результате такой эволюции можно найти экстремум оценки ошибки на выходе нейронной сети или нейронно-нечёткой системы. Практически генетические алгоритмы очень часто используются в качестве процедур для тренировок нейронных сетей.

Очень интересные результаты исследований интеллектуальных вычислительных систем, объединяющих нечёткие системы, искусственные нейронные сети и генетические алгоритмы, представлены в монографии [3]. Рассматриваемые в работе интеллектуальные вычислительные системы являются экспертными системами, в которых подсистема выводов использует нечёткую логику, знания представляются в форме правил

(символически), так и не символически при помощи соединений нейронных сетей, а также в виде хромосом генетического алгоритма.

База правил нечёткой системы, называемая иначе лингвистической моделью, представляет собой множество нечётких правил вида:

$$R^{(k)}: \text{IF } (x_1 \text{ принадлежит } A_1^k \text{ AND } x_2 \text{ принадлежит } A_2^k \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n \text{ принадлежит } A_n^k) \text{ THEN } (y \text{ принадлежит } B^k). \quad (1)$$

Концептуальная модель такой экспертной системы представлена на рис.1.



Рис.1. Архитектура гибридной экспертной системы.

Нейронная сеть используется в представляемой системе в выходном модуле (defuzzification). Для обучения параметров функции принадлежности нечёткой системы, а также весов нейронной сети используется генетический алгоритм.

Представленная гибридная экспертная система применялась автором настоящей работы для решения задач диспетчерского управления. Основные задачи диспетчерского управления сводятся к расчёту расписания реализации отдельных технологических операций, обеспечивающего выполнение заданного производственного плана, а также корректировке расписаний с учётом текущей производственной ситуации. Для решения этих задач применяется метод приоритетного обслуживания с использованием динамического назначения приоритетов. Так как используемые правила назначения приоритетов, в общем случае, направлены на обеспечение за-

данных критериев оптимальности, поэтому в каждой конкретной ситуации необходимо выбрать правило назначения приоритетов, определяющее лучшую стратегию управления. В качестве правил назначения в проведенных экспериментах использовались правила: FIFO, LIFO, кратчайшей операции, самой длительной операции и наиболее низкой производительности. В работе исследовались возможности использования гибридной экспертной системы для решения задач оперативного диспетчерирования, т.е. управления производством в режиме реального времени. Суть предлагаемого подхода заключается в следующем. Создается база знаний, в которой накапливается опыт диспетчерского управления в виде отношений, определяющих связи между классами спецификаций технологических процессов и соответствующими им парами – показателем качества и правилом назначения приоритета. Рассматривалась нечеткая система выводов, входными величинами которой являются 9 классов спецификаций технологических процессов. Создается для каждой лингвистической переменной в правилах вида (1) по 9 нечетких множеств A_i^k , а также 9 множеств нечетких с гауссовскими функциями принадлежности. Заданием системы является выбор соответствующего правила назначения приоритета, экстремизирующего заданный показатель качества работы производственной системы (например, ГПС). Таким образом, на выходе системы получаем решение, которое может быть положительным (равным единице) или отрицательным (равным нулю), что соответствует тому, что назначается или нет определенное правило приоритетов.

Представленная концепция является только грубым приближением реализуемого подхода. Из-за ограничений объема данной работы нет возможности представить более подробные аспекты исследований.

Для моделирования нейронных сетей в работе используется программный пакет Neural Network Toolbox.

Список литературы: 1. Вороновский Г.К., Махотило К.В., Петрашев, Сергеев С.А. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности, Харьков, 1997. 2. Kusiak A. Artificial intelligence. Implications for CIM, IFS LTD, UK Springer-Verlag, Berlin, 1989. 3. Rutkowska D.: Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte, PWN, Warszawa, 1997г. 4. Сетлак Г. Интеллектуальная информационная система в управлении производством, Proces. Third International Scientific and Technical Conference on Unconventional Electromechanical and Electrical Systems, Alushta, 1997.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ ПРИВОДА ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ НА ВЕЛИЧИНУ ПЯТНА КОНТАКТА

Сивер Л.Н., Чернов М.С. (ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

Analysis is made for influence of working heads machining and assembling precision on tooth contact value.

Исследование точности изготовления элементов системы привода стреловидного исполнительного органа проходческих комбайнов 4ПП-2М и 4ПП-5 базировалось на результатах анализа качества их изготовления.

Следует различать неточности изготовления, вызывающие концентрацию нагрузки, не изменяющуюся при контакте любой пары зубьев зацепляющихся колес, и приводящие к неравномерности распределения нагрузки, изменяющейся периодически в зависимости от того, какая пара зубьев находится в зацеплении. Неточности, вызывающие погрешности осей колес и фактических осей их вращения, приводят к периодическому изменению концентрации нагрузки.

К первой группе погрешностей зацепления цилиндрических прямозубых передач относятся: погрешность направления зуба $F_{\beta r}$, непараллельность осей f_{α} , перекос осей $f_{\alpha'}$, отклонение шага зацепления f_{pb} , погрешность профиля f_f и неравенство зазоров в опорах валов $F_{\beta k}$.

Величина концентрации нагрузки каждой пары зубьев периодически изменяется вследствие перекоса осей зубчатых венцов и осей вращения зубчатых колес, относительного биения посадочных поверхностей под зубчатые колеса и подшипники валов, эксцентricности колец подшипников, непостоянства ошибок направления зубьев и др. Характерным является изменение величины нагрузки на различных зубьях и расположения точки приложения ее вдоль контактной линии.

В качестве комплексного показателя точности изготовления можно принять ошибку контакта $F_{\beta k}$, характеризующую взаимное положение зубьев вдоль линии контакта.

$$F_{\beta k} = F_{\beta k} + F_{\beta} + F_{\alpha} + F_{\alpha'} + F_{\alpha''}$$

где составляющие суммы обусловлены погрешностями направления зубьев (F_{β}), непараллельностью осей валов (F_{β}), перекосом осей валов (F_{α}); неравенством зазоров подшипников ($F_{\alpha'}$) и погрешностью взаимного положения колес и осей их валов ($F_{\alpha''}$).

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ПОЗИЦИОНИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ПОВЫШЕННОГО БЫСТРОДЕЙСТВИЯ

Сидоренко В.С., Чернавский В.А., Сиротенко А.Н.
(ЦГТУ, г. Ростов-на-Дону, Россия)

Эффективность современного производства в значительной степени определяется уровнем автоматизации технологических процессов, требующих, как правило, многих исполнительных движений. Для этих целей широко применяют пневмоприводы (ПП). Они отличаются высокой энергоемкостью и быстродействием, простотой конструкции и удобством эксплуатации, пониженной стоимостью, и др..

Преимущества ПП наиболее полно реализуются при автоматизации производственных процессов для выполнения тяжелых, вредных работ и вспомогательных операций, таких как погрузочно-разгрузочные, транспортировка, ориентация, зажим и фиксация деталей.

К основным недостаткам, ограничивающим более широкое применение ПП в быстроходных механизмах, следует отнести: сжимаемость рабочей среды и существенную нестабильность характеристик, что приводит к неравномерности движения, затрудняет управление перемещением исполнительных механизмов, особенно при позиционировании. Эти недостатки обусловили применение ПП там, где нет необходимости регулирования закона движения выходного звена и позиционирования в промежуточных точках. В этих условиях удастся стабилизировать процесс перемещений, но при большом количестве точек позиционирования приходится ограничивать скорость выходного звена, что снижает производительность технологического оборудования. Рекуперация широко применяется в двухпозиционных ПП, где объем выхлопной полости постоянен.

Поэтому актуальна проблема повышения быстродействия многопозиционных ПП при заданной точности позиционирования.

Решение задачи достигается, как правило, поиском рациональных способов торможения и их параметрической оптимизация.

Торможение ПП осуществляют двумя основными способами; сбросом движущей силы или увеличением противодействия [1,2].

Первый способ подразумевает дросселирование или соединение напорной магистрали с атмосферой. Пневматические тормозные устройства со сбросом воздуха в конце хода предполагают наличие встроенных в корпус цилиндра устройств (клапанов, специально профилированных штоков, дросселирующих обходных каналов), что усложняет их конструк-

цию и снижает технологическую гибкость оборудования. Позиционирование в данном случае осуществляется по упорам.

При втором способе торможение осуществляют путем изменения направления потоков в напорной и выхлопной магистралях и созданием воздушной подушки в выхлопной полости пневмоцилиндра в конце хода. При этом кинетическая энергия движущихся частей привода переходит в потенциальную энергию сжатого воздуха, который в дальнейшем сбрасывается в атмосферу или используется в пневмомеханизмах оборудования.

Кроме того оба способа требуют применения фиксирующих устройств после останова исполнительного механизма, так как противодействие в выхлопной полости, сжимаемость воздуха и динамические нагрузки заметно снижают точность позиционирования.

Применение второго способа в многопозиционном линейном ПП представляет интерес, но осложняется непостоянством объема выхлопной полости при различных координатах.

Торможение противодействием эффективно, так как:

- при изменении закона торможения не требуется значительная перенастройка в настройке устройства потому, что основными управляемыми тормозными параметрами являются давление и объем выхлопной полости.

- торможение противодействием позволяет не только управлять скоростью движения исполнительного механизма, но и рекуперировать энергию торможения для последующего ее использования, например, при разгоне РО. Такой подход принят нами как направление поиска схемотехнических решений быстроходных позиционных ППМУ.

Предложен ПП, позволяющий позиционировать РО в большом количестве точек путем создания противодействия, с постоянной и переменной массой воздуха, заключенного в полостях цилиндра. Тормозное усилие создается за счет сжатия воздуха в выхлопной полости цилиндра и связанного с ним дополнительного объема, изменяемого автоматически в зависимости от величины тормозного пути. Система управления дополнительным тормозным объемом может адаптировать объем пневмогидроаккумулятора по давлению торможения.

Обобщенная структура многопозиционного пневмомеханического устройства (ППМУ) свободного от указанных недостатков, представлена на рис.1. Управление пневматическим двигателем (ПД), приводящим в движение рабочий орган (РО) через передаточно-преобразующий механизм (ППМ), осуществляется по сигналу системы управления (СУ), регулирующим устройством (РУ), связанным с источником энергии (ИЭ). Торможение и позиционирование РО осуществляется тормозными устрой-

ствами (ТУ), управляемыми блоком позиционирования (БП) по схеме совпадения задаваемого X_z и фактического X_f положения РО, определяемого датчиком положения (ДП).

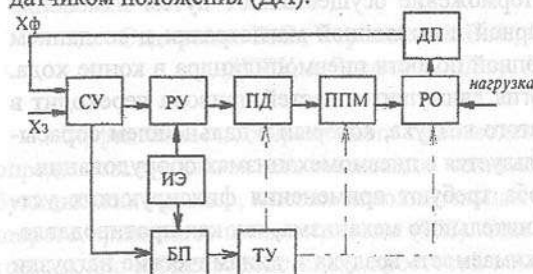


Рис. 1. Обобщенная структура ППМУ.

устройство рис.2.

Устройство содержит пневмоцилиндр ПЦ, который соединен магистралями с распределителем Р1, связанным через обратный клапан КО1 и через глушитель Г с атмосферой. Обратные клапана КО3, КО2 соединяют Р1 с аккумулятором А, который содержит разделитель в виде двухступенчатого поршня, где со стороны поршня большей площади содержится жидкость, которая является рабочей средой адаптивного устройства АУ. Адаптивное устройство состоит из пневматически управляемого через дополнительный обратный клапан распределителя Р3, связанного через два клапана настройки давления штоковой КП1 и поршневой КП2 полостей пневмоцилиндра с баком низкого давления Б. Бак через регулятор давления РД соединен с пневмосетью. Жидкостная полость Б связана с жидкостной полостью А через обратный клапан КО5, а шток пневмоцилиндра фиксируется тормозным устройством, состоящим из пневмоцилиндра одностороннего действия Т, управляемого распределителем Р2. Система управления содержит измерительное устройство ИУ, задающие устройства ЗУ, сравнивающие устройства СУ, логические элементы "&" и усилители У.

Тормозное усилие создается за счет сжатия воздуха в выхлопной полости цилиндра и связанного с ним дополнительного объема, изменяемого в зависимости от тормозного пути. Система настройки дополнительного тормозного объема может работать в адаптации объема А к давлению торможения. Накопленная при торможении энергия используется для последующего разгона органов технологического оборудования.

Возможные варианты управления воздействием БП на элементы ППМУ представлены штрих-пунктирной линией на рис. 1.

Нами предложено позиционирующее пневмо-механическое

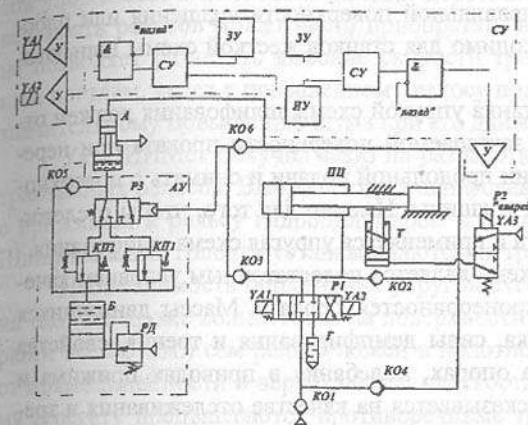


Рис. 2. Принципиальная схема ППМУ.

сброса движущей силы.

Список литературы: 1. Парой А.А. Способы торможения пневмопривода промышленного робота // Вестник машиностроения, 1995. № 5 С. 8-13. 2. Филипов И.Б. Тормозные устройства пневмоприводов. Л.: Машиностроение, 1987.

ДИНАМИКА СТАНКОВ УПРУГОЙ СХЕМЫ ШЛИФОВАНИЯ

Сизый Ю.А., Рамириш М. (ХГПУ), Сталинский Д.В.
(УкрНИИМет, г. Харьков, Украина)

The results of investigation mathematical models of grinding machine-tools with constant force of pressing the wheel to the grinding surface have been considered. On the base of computer simulation the optimum designer parameter of grinders and machining rates have been found.

В машиностроении в основном распространена жесткая схема шлифования, т.е. схема с подачей на глубину шлифования, осуществляемой "жестким" механизмом подачи - зачастую передачей винт-гайка. Упругая схема шлифования, т.е. схема с постоянным усилием прижима круга к прокату распространена в основном в металлургии при зачистке проката после горячей прокатки для удаления дефектного поверхностного слоя.

Для станков упругой схемы шлифования не предъявляется требование достижения геометрически правильной поверхности вращения или плоскости, что совершенно необходимо для станков жесткой схемы шлифования.

Шлифовальный круг станка упругой схемы шлифования должен отслеживать макронеровности зачищаемой поверхности проката при перемещении по ней в направлении продольной подачи и снимать с поверхности слой металла постоянной толщины. Именно для того, чтобы отслеживать макронеровности проката и применяется упругая схема шлифования.

Однако сама упругая схема является недостаточным условием качественного отслеживания макронеровностей проката. Массы движущихся элементов конструкции станка, силы демпфирования и трения, свойства упругой системы проката на опорах, колебания в приводах прижима и главного движения - все это сказывается на качестве отслеживания и требует учета при проектировании станков.

Харьковский государственный политехнический университет (ХГПУ) и Украинский научно-исследовательский институт металлов (УкрНИИМет) уже много лет сотрудничают в проектировании и исследовании динамики специального шлифовального оборудования для зачистки проката. В результате этого сотрудничества разработана обобщенная динамическая модель обдирочно-шлифовального станка, которая глубоко исследована моделированием на ЭВМ с использованием пакетов прикладных программ "СИАМ" и "СС".

Обобщенная модель получена на основе выбора из нескольких, обоснования степени ее дискретности и эффективности применения для выбора обобщенных конструктивных параметров проектируемого станка. К таким параметрам относятся: масса шлифовальной бабки, жесткость системы прокат-опоры, демпфирование в движении шлифовальной бабки в направлении прижима к прокату.

Установлено незначительное влияние скорости главного движения и колебания давления в гидроцилиндре прижима круга к прокату на качество отслеживания макронеровностей. Результаты исследования позволили получить аналитическую формулу расчета отклонения глубины шлифования от заданной в зависимости от перечисленных выше обобщенных конструктивных параметров. Эта формула позволяет выбирать параметры станка из условия требуемой точности шлифования. Кроме этого разработан и ряд конструктивных решений повышающих динамическое качество обдирочно-шлифовальных станков.

Другой интересной областью применения упругой схемы является шлифование поверхностей катания железнодорожных и трамвайных рель-

сов уложенных в полотно железных дорог. В процессе эксплуатации поверхность рельсов может часто приобретать волнистую поверхность, что не позволяет развивать высокие скорости трамвайным и железнодорожным поездам, ведет к повышенному износу подвижного состава, а также к значительному повышению шума при его движении.

УкрНИИМет получил заказ на разработку агрегата для шлифования трамвайных рельсов. Выбрана схема шлифования торцем чашечного круга с прижимом к рельсу гидроцилиндром с постоянным усилием прижима. Шлифовальные головки устанавливаются на трамвайной платформе.

Необходимость применения упругой схемы шлифования обусловлена тем, что кроме волнистости на поверхности рельса (шаг волн примерно равен 30...60 мм.) сам рельс уложен в полотно с некоторым отклонением от прямолинейности в вертикальной плоскости. Поэтому к шлифовальному агрегату предъявляются противоречивые требования: во-первых шлифовальная головка должна отслеживать непрямолинейность укладки рельса, а во-вторых не отслеживать волнистость поверхности (шлифовать только выступы волнистой поверхности).

При жесткой установке на трамвайной платформе направляющих, по которым перемещается шлифовальная головка при прижме ее к рельсу, чашечный шлифовальный круг, в связи с покачиванием платформы на непрямолинейных рельсах, работает либо передним либо задним фронтом в направлении продольной подачи.

Для поиска оптимальных условий такого шлифования была разработана математическая модель и выполнено моделирование на ЭВМ в пакете "СИАМ". Установлено, что схема шлифования с пятном касания чашечного круга на переднем или заднем фронте при постоянном усилии прижима круга к рельсу не позволяет обеспечить эффективное удаление волн на поверхности рельса. Если для первого прохода и можно найти условия шлифования обеспечивающие съем металла только с выступов волн, то при последующих проходах невозможно найти такие режимы шлифования в связи с нерегулярностью волн образовавшихся после первого прохода.

Анализ возможности управления усилием прижима в процессе шлифования показал, что такая возможность практически отсутствует и решение возникшей проблемы лежит в поиске такой схемы шлифования, которая обеспечивала бы контакт шлифовального круга одновременно нескольких выступов волн.

Таким образом, математическое моделирование динамики станков упругой схемы шлифования позволило на стадии эскизного проектирования получить важные практические рекомендации для создания высокоэффективного шлифовального оборудования.

НЕЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ ГРУНТА ПРИ СЕЙСМИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ СИСТЕМЫ «ГРУНТОВОЕ ОСНОВАНИЕ – ЗДАНИЕ – ГРУЗОПОДЪЕМНЫЙ КРАН»

Синельщиков А.В. (АГТУ, г. Астрахань, Россия)

The problems of construction of settlement models of the connected systems "a ground - a building - crane" with use of the system approach are discussed. The results of research spatial certainly-element models a ground by methods of numerical experiment as parts of the connected system are submitted.

В докладе показано, что пролетные строения на независимых фундаментных основаниях с пролетами соизмеримыми с длиной сейсмической волны получают не только поступательное, но и вращательное движение и при действии сейсмической волны возможен их выгиб [1]. Это приводит к тому, что при обеспечении расчетной сейсмостойкости по критерию прочности конструкция потеряет устойчивость положения. Конечно-элементная расчетно-динамическая модель (РДМ) такого сооружения включает в себя нелинейную модель грунтового основания, промышленное здание и кран.

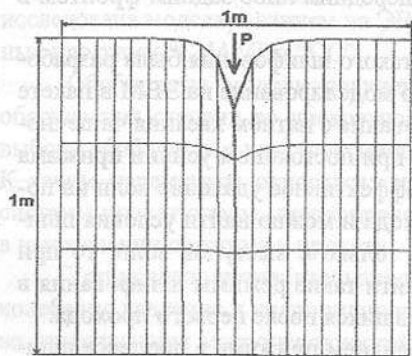


Рис.1. Реакция плоской конечно-элементной модели грунта на действие статической нагрузки $P=100\text{H}$.

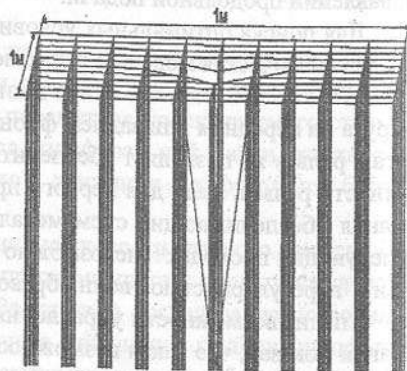


Рис.2. Реакция пространственной конечно-элементной модели грунта на действие статической нагрузки $P=100\text{H}$.

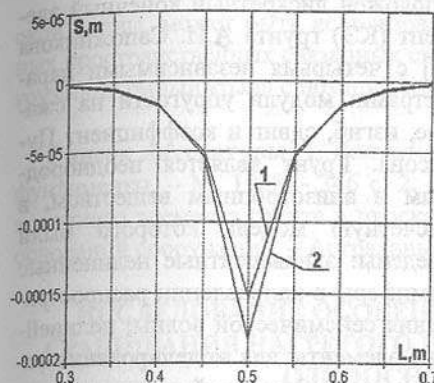


Рис. 3. Реакция плоской конечно-элементной модели грунта на действие статической нагрузки $P=100\text{H}$ при различных параметрах модели: 1) $E_{из}=E_{сж}=36\text{МПа}$, $G=0.4 E_{сж}$, $\mu=0.35$; 2) $E_{из}=0.8 E_{сж}$, $G=0.3 E_{сж}$, $\mu=0.35$.

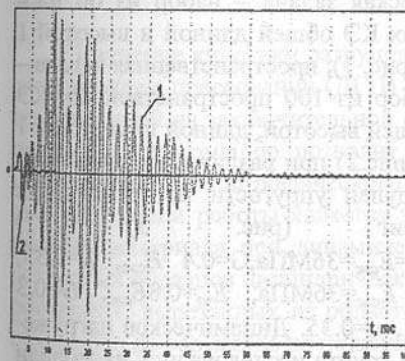


Рис. 5. Реакция пространственной модели грунта на действие импульсной нагрузки: 1- без учета нелинейных свойств грунта, 2- с учетом нелинейных свойств.

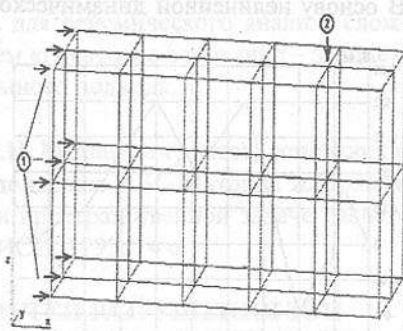


Рис. 4. Пространственная конечно-элементная модель грунтового основания: 1 – поверхность приложения сейсмического воздействия, 2 – точка измерения реакции системы.

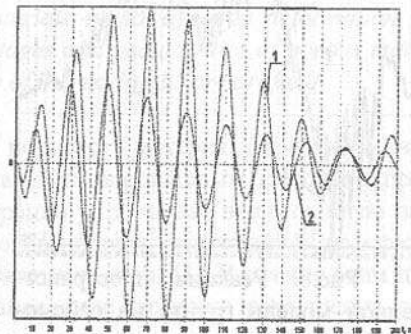


Рис.6. Реакция пространственной модели грунта на действие синусоидального сигнала: 1 – без учета нелинейных свойств грунта, 2 – с учетом нелинейных свойств.

Моделирование процесса взаимодействия сооружений осуществлено с учетом действительного процесса распространения сейсмических волн, их физических параметров, явлений отражения, преломления и волновой тени при передачи энергии землетрясения на сооружение.

В основу нелинейной динамической положен дискретный конечный элемент (КЭ) грунта А.И. Сапожникова

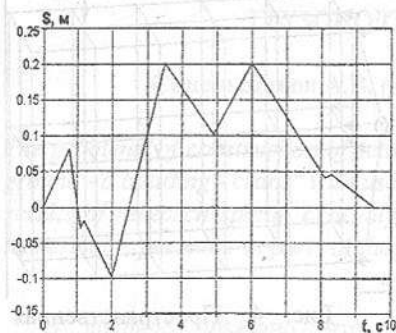


Рис.7. Сейсмограмма 9 балльного землетрясения Эль-Центро.

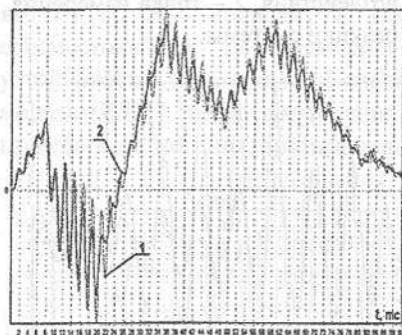


Рис.8. Реакция пространственной модели грунта на сейсмограмму 9 балльного землетрясения Эль-Центро (см. рис. 7): 1 – без учета нелинейных свойств грунта, 2 – с учетом нелинейных свойств.

из 20 пространственных КЭ общей длиной 2 м, шириной и глубиной 1 м (рис. 4): 1) на действие импульсной нагрузки (рис. 5); 2) синусоидального сигнала (рис. 6); 3) на сейсмограмму 9 б землетрясения Эль-Центро (рис. 7 – сейсмограмма; рис. 8 – реакция системы: 1 – без учета, 2 – с учетом нелинейных характеристик грунта.

Проведенные исследования показали, что предложенная пространственная конечно-элементная нелинейная модель грунта, отражающая физические процессы происходящие в грунте при распространении сейсмиче-

ской волны, может быть использована для сейсмического анализа сложных пространственных связанных систем «грунтовое основание – здание – грузоподъемный кран» с позиций системного подхода.

Проведены исследования реакции полупространства грунта методами вычислительного эксперимента на действие статической ($P=100\text{H}$) и динамических нагрузок. При статическом нагружении решена задача плоская задача – набор из 60 плоских КЭ общей длиной и высотой 1 м (рис. 1); пространственная задача – набор из 100 пространственных КЭ общей высотой, длиной и шириной 1 м (рис.2) при различных параметрах модулей упругости на изгиб и на сдвиг (рис. 3): 1)

$E_{из}=E_{сж}=36\text{МПа}$, $G=0.4 E_{сж}$, $\mu=0.35$; 2) $E_{сж}=36\text{МПа}$, $E_{из}=0.8E_{сж}$, $G=0.3 E_{сж}$, $\mu=0.35$. Динамическое нагружение грунта исследовались на модели

Список литературы: 1. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. – М. 1988. – 346 с. 2. Сапожников А.И. Матрица жесткости конечного элемента грунта в плоской и пространственной задаче расчета оснований сооружений. – Астрахань, АИСИ, 1993. 14 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗРУШЕНИЯ ЗОН СРАЩИВАНИЯ НАГРЕТОГО ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ОДНООСНОМ СЖАТИИ

Синельщиков В.В., Егоров С.Н., Дыбов Ю.В.
(ВИ НГТУ, г. Волгодонск, Россия)

The results of researching the mechanism of the origin and development of cracks in heated in heated porous materials under dynamic deformation of samples are represented in this work. Stages and peculiarities of porous material fracture are found out and the ways of increasing its are drafted.

Изучение кинетики разрушения пористого материала при динамическом горячем прессовании (ДГП) деталей из порошковых прессовок, претерпевающих на заключительной операции упрочнения значительную поперечную деформацию позволит прогнозировать допустимую деформацию до начала катастрофического развития трещин [1]. В связи с этим целью настоящей работы является установление кинетики разрушения пористого материала при динамическом одноосном сжатии пористых порошковых образцов цилиндрической формы. Развитие наблюдали на микрошлифах, вырезанных из области, претерпевающих максимальную пластическую деформацию растяжения.

Образование трещины, как результат исчерпывания пластичности пористого материала, предлагается рассматривать поэтапно.

Первый этап характеризуется разрыхлением порошкового материала на некоторую глубину осаживаемого образца в области возникновения растягивающих напряжений (экваториальная зона образца). Особенностью выбранной схемы испытания порошкового материала на пластичность является уплотнение центральной части образца, тогда как поверхностные слои, прилегающие к его боковой (бочкообразной) части испытывают деформации, приводящие к относительным перемещениям и поворотам

“частиц” порошка и вызывающие разрыхление. При этом порошковый материал не исчерпывает своей пластичности, а его разрыхление обусловлено увеличением размеров исходных пор и возникновением новых. Эти явления не приводят к возникновению трещин, так как возникающие напряжения не достигают предельных значений в виду того, что уменьшение площади зон срачивания частично компенсируется их развитием.

На втором этапе происходит локализация разрыхлений в местах расположения открытых пор на боковых поверхностях образца. Нормальные растягивающие напряжения в зонах соответствующих деформаций достигают своего предельного значения. Слияние образовавшихся исходных пор вследствие разрушения зон срачивания приводит к зарождению трещин (рис.1,а).

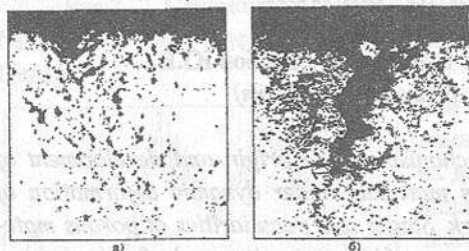


Рис.1. Зарождение трещины (а), $\times 10$ и ее катастрофическое развитие (б), $\times 120$.

α [2] (рис.1,б).

Таким образом установлены признаки, по которым можно проследить кинетику разрушения нагретых пористых порошковых материалов при динамической осадке. Накопление повреждений в виде образующихся изолированных пор и увеличение размеров исходных пор при последующей деформации образца переходит к их слиянию и далее к лавинообразному росту трещин, которые являются причиной возникновения поверхностных дефектов у порошковых деталей после динамического прессования. Следовательно, при изготовлении деталей сложной формы методом ДПТ необходимо выбирать форму пористой заготовки и технологические режимы не допускающие катастрофического распространения трещин на стадии горячего упрочнения.

Список литературы: 1. Дорофеев Ю.Г. Динамическое горячее прессование пористых порошковых заготовок. М: Металлургия, 1977, 216с. 2. Охрименко Я.М., Тюрин В.А. Теория процессов Ковки. М: “Высшая школа”, 1977, 295 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МОСТОВЫХ КРАНОВ С УЧЕТОМ КИНЕМАТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТ ИСКРИВЛЕНИЯ РЕЛЬСОВЫХ ПУТЕЙ

Синельщикова Л.С. (АГТУ, г. Астрахань, Россия)

The questions of construction mathematical models of cranes are discussed in view of a deviation of rail ways from the normative condition.

Современный уровень технического прогресса позволяет создавать конструкции, которые обладают высокой надежностью. Основой для этого служит комплекс мер, применяемых на стадиях проектирования, изготовления, монтажа и эксплуатации.

Грузоподъемные краны составляют широкий класс сложных технических систем технологического оборудования повышенной опасности и являются сооружениями, как с экономической, так и с социальной ответственностью, от технического состояния которых зависит не только нормальное функционирование обслуживаемых кранами технологических процессов, но и безопасность труда работающих.

Нормальное функционирование крановых конструкций зависит не только от решений, принимаемых на этапе проектирования, но и от условий эксплуатации. В процессе эксплуатации на кран воздействует много факторов, способных как положительно, так и отрицательно сказываться на работоспособности крана и на его ресурсе. Одним из таких факторов, отрицательно сказывающимся на ресурсе крана, является ненормативное искривление рельсовых путей, вызывающее дополнительные динамические нагрузки на металлоконструкции (м/к) крана.

Для задания кинематического воздействия (КВ) необходимо иметь информацию об искривлениях рельсового пути на всем протяжении нитки рельса. С этой целью была создана база данных по искривлениям рельсового пути 1 корпуса АО ЭМК «Атоммаш» г. Волгодонска, общая длина которых составляет 44120м. На рис.1 представлено отклонение ниток рельсов пролета А-Б в горизонтальной плоскости по геодезическим измерениям за 1989 г.: 1 – рельс А; 2 – рельс Б. Видно, что максимальное отклонение составляет 45мм, а абсолютное расхождение составляет 75мм.

Математическая модель пространственной работы м/к крана, в развитии работы [1], описывается системой связанных уравнений движения, которые характеризуют его реакцию на действие КВ со стороны рельсовых путей. Такая модель позволяет представить характеристики несущих конструкций в матричной форме и получить систему дифференциальных уравнений n порядка. Для конечно-элементной расчетно-динамической модели (РДМ) крана уравнения движения определяются из условия равновесия сил, приложенных к узлам (дискретным точкам): сил инерции, затухания, упругости, внешних полезных нагрузок и КВ. Основной задачей динамического анализа является определение реакции крановой конструкции на совокупное динамическое воздействие с учетом

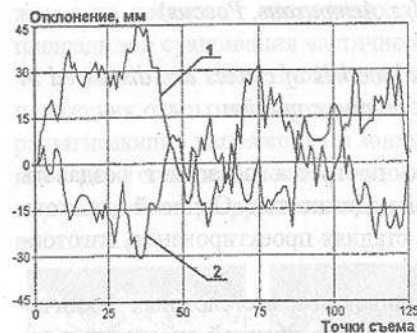


Рис.1. Отклонение от прямой линии оси рельса в горизонтальной плоскости пролета А-Б по геодезическим измерениям за 1989 г: 1 — КВ, в качестве которой рассматривается вектор перемещения узлов РДМ $\{V\}$, являющийся решением уравнения

$$[M]\{\ddot{V}\} + [C]\{\dot{V}\} + [K]\{V\} = \{P\} - \{Q\}, \quad (1)$$

где $[M]$ — матрица масс, характеризующая инерционные свойства системы; $[C]$ — матрица демпфирования, характеризующая рассеивание энергии в конструкции; $[K]$ — матрица жесткости системы; $\{P\}$ — вектор эксплуатационных нагрузок; $\{\ddot{V}\}, \{\dot{V}\}, \{V\}$ — компоненты реакции системы, соответственно, ускорения, скорости и перемещения дискретных узлов РДМ; $\{Q\}$ — вектор сил, обусловленный КВ, имеющий вид:

$$\{Q\} = [F_1(t) \ F_2(t) \ \dots \ F_n(t)]^T, \quad (2)$$

где $F_i(t)$ — функция силы, обусловленная КВ на кран со стороны рельсового пути по каждой степени свободы РДМ:

$$F_i(t) = P_{xk_1}^i(t) + P_{xk_2}^i(t) + \dots + P_{xk_m}^i(t), \quad (3)$$

где $P_{xk_m}^i$ — сила, возникающая по i степени свободы от КВ воздействия на m ходовое колесо со стороны рельсового пути.

Согласно [2] вектор $\{Q\}$ может быть представлен в виде:

$$\{Q\} = [K_{осн}] \{V_{xk}\}, \quad (4)$$

где

$$[K_{осн}] = [\{P_1\} \ \{P_2\} \ \dots \ \{P_m\}] = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm} \end{bmatrix},$$

$$\{V_{xk}\} = \begin{Bmatrix} v_{xk_1}(t) \\ v_{xk_2}(t) \\ v_{xk_3}(t) \\ \vdots \\ v_{xk_m}(t) \end{Bmatrix},$$

здесь $[K_{осн}]$ — матрица, составленная из m векторов реакции системы на единичное смещение m ходовых колес крана; $\{V_{xk}\}$ — вектор заданного КВ.

Вектора $\{P_1\}, \{P_2\}, \dots, \{P_m\}$ являются решением матричного уравнения

$$[D]\{P_i\} = \{V^i\}, \quad (5)$$

где $[D]$ — матрица податливости системы, причем $[D] = [K]^{-1}$; $\{V^i\}$ — вектор, задающий единичное перемещение по одной степени свободы соответствующей перемещению i ходового колеса.

В результате регулярных геодезических измерений был накоплен значительный материал отклонений положения головок рельсов по вертикали и горизонтали от прямолинейной оси для 10 пролетов за период с 1989 по 1996 гг. База данных содержит измерения разности отметок головок рельсов, рельсов на длине 10м рельсового пути и разности отметок на соседних колоннах. Разработаны алгоритмы, позволяющие производить обработку исходных данных с целью прогнозирования количественных и качественных изменений искривления рельсового пути и получения вероятностных моделей КВ.

Список литературы: 1. Левин А.И., Благина Л.В. Вероятностная модель кинематического воздействия на краны от искривлений рельсовых путей. Тез. докл. IX научн. конф. Волгодонского ин-та. НГТУ, - Вып. 1.- Новочеркасск: Изд-во Набл, 1996.- с 19-20. 2. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле.-М.:Машиностроение, 1985.-472 с.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ГРАФИТИЗИРОВАННЫЕ СТАЛИ

Скворцов А.И., Кондратов В.М. (ВялГТУ, г. Киров, Россия)

The influence of graphite, alloyings on the properties of graphitic steels are

studied. Deformation of graphitig steels by heat treatment are considered. Application of graphitig steels as tool material are substantiated.

В последнее время интерес к графитизированным сталям был проявлен как к демпфирующему [1, 2] и высокопрочному [3] материалу.

При разработке и применении графитизированных сталей в качестве инструментального материала следует учитывать, в первую очередь, два фактора. Первый фактор связан с графитом, второй - с легирующими элементами.

Графит. Присутствие включений графита в инструментальной стали дает и положительные, и отрицательный эффекты. Положительные: 1) улучшение условий износа стали в высокопрочном состоянии, так как реализуется принцип самосмазывающего инструмента 2) повышение вибропоглощения стали, 3) улучшение обрабатываемости резанием стали в отожженном состоянии при изготовлении из нее инструмента. Отрицательный эффект заключается в снижении прочности и пластичности стали.

Величина снижения прочности и пластичности сталей в высокопрочном состоянии зависит от количества и формы графита. Исследования показали следующее. Количество графита в деформируемых графитизированных сталях лимитируется содержанием в стали углерода. Чем больше содержание углерода, тем выше склонность стали к образованию трещин при горячей обработке давлением. Оптимальное содержание углерода в графитизированной стали, предназначенной для изготовления инструмента, находится в интервале 0,9-1,4 мас.%. Форма включений графита регулируется, в первую очередь, графитосодержащими шихтовыми материалами при выплавке стали. Чем компактнее выделения графита, тем выше характеристики прочности и пластичности стали.

Легирующие элементы. Легирующие элементы, вводимые в графитизированную сталь для ускорения процесса графитизации, целесообразно подразделять на элементы, повышающие и понижающие температуру $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения (точку A_{C1}). К первой группе относятся элементы: Si, Al, Co, ко второй группе - Ni, Cu. Исследования показали следующее. Упрочняющей термической обработкой достигается твердость, HRC₂: 55-62 - при использовании легирующих элементов первой группы, 62-68 - при использовании элементов второй группы.

Деформация при термической обработке. Деформация при упрочняющей термической обработке, включающей закалку, определяется, в основном, следующим: 1) различием в плотности мартенсита и аустенита; 2) температурой нагрева под закалку, так как от этой температуры зависит уровень напряжений, в частности, термических, возникающих в инстру-

менте при закалке.

Плотность мартенсита, его различие в плотности с аустенитом в значительной мере зависит от содержания углерода в стали. Поэтому регулирование деформации при термической обработке плотностью этих фаз является, в принципе, возможным, но проблематичным.

Исследования показали, что температуру нагрева под закалку можно регулировать путем подбора легирующих элементов. Например, в стали по авторскому свидетельству [4] удалось снизить температуру нагрева под закалку до 710°C, получив при этом твердость HRC₂=68.

Закключение. Использование графитизированных сталей в качестве инструментального материала представляет интерес по следующим причинам: 1) присутствие графита в инструментальной стали придает ей ряд новых положительных качеств; 2) при соответствующем подборе легирующих элементов графитизированную сталь можно реализовать как малодеформируемый при термической обработке материал.

Список литературы: 1. Сковцов А.И. Демпфирующие и механические свойства сталей, легированных графитизирующими элементами. - Известия АН СССР. Металлы. 1981, № 3, с. 153-158. 2. Сковцов А.И., Огородников Г.М. Графитизированные стали с повышенными демпфирующими свойствами для машиностроения. - Термическая обработка и физика металлов. - Свердловск: УПИ, 1982, с. 122-125. 3. Сковцов А.И., Агапова Л.И. Механические и демпфирующие свойства графитизированных сталей после изотермической заковки. - Металловедение и термическая обработка металлов. 1993, №5, с. 9-10. 4. Авторское свидетельство СССР № 1717667. С22С38/52. Сковцов А.И., Кондратов В.М. Сталь. - Открытия, изобретения. 07.03.92, № 9.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПРИВОДНЫХ ЗУБЧАТЫХ РЕМНЕЙ

Скойбеда А.Т., Баханович А.Г., Никончук А.Н.
(БГПА, г. Минск, Беларусь)

For a raise of carrying ability and longevity of toothed belts it is offered to use a new process engineering of their manufacture consisting in pressing by the rigid pressing elements on hydraulic presses with warmed plates.

Технология производства приводных зубчатых ремней сводится к следующим комплексам технологических операций: а) сборка заготовки рем-

ния из кордных, тканевых и невулканизированных эластомерных материалов; б) вулканизация заготовок; в) резка заготовок (викеля) на отдельные ремни; г) контроль качества ремней.

Сборка заготовок замкнутых ремней заключается в наложении на сборочный профильный барабан одного или нескольких слоёв обкладочной ткани, навивки по винтовой линии нити корда, укладки и прикатки требуемого количества эластомера. Надеваемая на сборочный барабан ткань имеет вид цилиндрического рукава, сшитого или склеенного по образующей.

Операция навивки кордшнура является наиболее важной на данном технологическом этапе. От качества её выполнения во многом зависят равномерность нагружения отдельных витков кордшнура и несущая способность ремня в целом.

Равномерность навивки кордшнура обеспечивается при выполнении как минимум двух требований: постоянных шага и натяжения навивки. Стабильный шаг навивки обеспечивается применением одного или нескольких роликов для наводки корда. Зазор между роликом и сборочным барабаном выбирается минимальным (2...10 мм).

Заданное усилие натяжения обеспечивается с помощью тормозных механизмов, воздействующих на бобину с кордшнуром. Натяжение кордшнура поддерживается постоянным периодической регулировкой тормозного момента, осуществляемой вручную.

При навивке на сборочный барабан кордной нити происходит её дополнительное закручивание или раскручивание, в результате чего шаг свивки нити изменяется. Ремни с металлокордом, получившим дополнительную скрутку, в свободном состоянии самопроизвольно деформируются, приобретая вид "восьмёрок". Работа таких ремней в передаче сопровождается их интенсивным трением о реборды. Для устранения этого явления сборочный станок оснащается дополнительным приспособлением, осуществляющим при навивке корда вращение узла крепления бобины вместе с самой бобиной в сторону, противоположную направлению вращения сборочного барабана [1].

После резки викеля возникают определённые трудности с заделкой концов выступающего с торцов ремня кордшнура. Особенно проблема актуальна для ремней с металлокордом, концы которого способны вызывать травмы и повреждать детали передачи. Наиболее простой путь устранения подобного явления заключается в придании нити корда увеличенного угла навивки в местах будущей резки. Такая навивка осуществляется с помощью дополнительного суппорта, установленного на основном суппорте сборочного станка и несущего наводочный ролик. Дополнительному суп-

порту сообщается прерывистое движение, в результате чего в местах будущей резки викеля скорости обоих суппортов складываются. Результатом является увеличенный угол наклона спиралей корда. На участках обычной навивки дополнительный суппорт неподвижен относительно основного [2].

Вулканизация приводных ремней осуществляется в автоклавах. Такой метод вулканизации характерен для длинномерных (до 3150 мм) зубчатых ремней. Более длинные ремни вулканизируют в челюстных прессах или вулканизаторах периодического действия, выполняющих вулканизацию ремня по участкам.

Зубчатые ремни небольшой длины, лишённые тканевой обкладки, изготавливают методом литья в пресс-формах на гидравлических прессах с плоскими обогреваемыми плитами. Литые ремни отличаются точными размерами и высоким качеством поверхностей. Однако, будучи лишены тканевой обкладки рабочей части, такие ремни недостаточно долговечны. Напротив, ремни, изготовленные в автоклаве, оснащены тканевой обкладкой, и их долговечность в 5-7 раз превышает долговечность аналогичных литых ремней.

Вместе с тем технология вулканизации в автоклаве имеет свои недостатки, не позволяющие в полной мере реализовать максимальную долговечность изготавливаемых ремней. Прежде всего, это связано с низкими давлениями прессования (до 0,6...1,5 МПа) в отличие от предыдущего метода (свыше 15...25 МПа). Низкие давления прессования обуславливают невысокие показатели прочности адгезии корда к эластомеру, а также наличие пористостей, раковин и т.д. в готовом изделии. Кроме того, прессование в автоклаве осуществляется гибким прессующим органом - резинокордной диафрагмой. Наличие нежесткого прессующего органа не позволяет получать требуемую толщину ремней, для достижения которой их приходится шлифовать.

Объединение положительных свойств обеих технологий реализовано в новой технологии изготовления приводных зубчатых ремней, разработанной с нашим участием. Технология основана на прессовании заготовки ремня жесткими прессующими секторами, синхронно сближающимися в радиальном направлении. Течение вулканизируемого эластомера в радиальном направлении обеспечивает качественное оформление тканевой обкладки на рабочей части ремня, исключая складкообразование. Наличие жестких прессующих секторов позволяет получать ремни заданной толщины и с требуемым качеством поверхностей непосредственно в пресс-форме [3, 4]. Технология запатентована в ведущих развитых странах [5, 6].

Изготовление приводных зубчатых ремней по методу прессования жесткими секторами или прессующими элементами (ПЖЭ) осуществляется на стандартных вулканизационных гидравлических прессах с плоскими обогреваемыми плитами. Для реализации метода используются 2 разновидности пресс-форм. Первая, с вертикальной осью профильного барабана и комплектом секторов и конусов (секторная), предназначена для изготовления сравнительно больших ремней длиной 700...1500 мм. Вторая, с горизонтальной осью профильного барабана и двумя прессующими секторами (полуформами), позволяющая изготавливать ремни длиной 100...800 мм. Во избежание изготовления дорогостоящих комплексов полуформ, для близких по размерам ремней изготавливают один унифицированный корпус, оснащенный комплектом упругих сменных втулок, внутренняя поверхность которых выполняет формообразующие функции.

Проведенные исследования показали, что применение метода ПЖЭ позволяет обеспечить более высокие показатели механических свойств ремня по сравнению с вулканизацией в автоклаве вследствие получения повышенного давления прессования и, как следствие, повысить несущую способность и долговечность производимых приводных зубчатых ремней.

Список литературы: 1. А.с. 1 761 541, МКИ В 29 С 29/08. Устройство для сборки бесконечных резинотросовых лент. 2. А.с. 1 431 956, МКИ В 29 С 29/08. Устройство для сборки резинотросовых лент. 3. А.с. 1 248 167, МКИ В 29 С 35/02. Устройство для изготовления кольцевых полимерных изделий. 4. А.с. 1 481 076, МКИ В 29 С 35/02. Устройство для изготовления резиновых зубчатых ремней. 5. Пат. 4 867 661 США, МКИ В 29 С 33/02. Mould for Making annular articles / A.T. Skoybeda et al. 6. Пат. 2 191 974 (Великобритания), МКИ В 29 С 33/10. Mould for Making annular articles / A.T. Skoybeda et al.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ КАМЕРНОМ МЕТОДЕ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ СВОБОДНЫМИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫМИ СРЕДАМИ.

Скрябин В.А., Машков А.Н., Просвирин Ю.И., Носко И.Г.,
Доронин В.В., Хорев Д.В. (ПГУ, ПВАИУ, г Пенза, Россия)

The main stages of the finishing technology development of parts of different sizes and shapes by chamber method are considered.

Камерная обработка используется преимущественно для средне- и

крупно габаритных деталей, которые в силу своих размеров и формы не могут быть обработаны в галтовочных барабанах, объемной обработкой, виброобработкой и центробежно-планетарной обработкой. Полирование таких деталей осуществляется в специальных установках, конструкции которых рассмотрены в работе [1].

Ограничения по возможности камерной обработки определенной номенклатуры деталей обусловлены их жесткостью, размерами, массой и конструктивным исполнением.

Ограничения по размерам и массе обрабатываемых деталей связаны с объемом и конструкцией рабочей камеры установки для полирования. На основании имеющегося опыта эксплуатации установок определены следующие соотношения между объемом рабочей камеры установки, максимальной массой обрабатываемых деталей и их максимальными габаритными размерами (табл. 1).

Таблица 1 - Соотношения между основными параметрами установки и обрабатываемой детали.

Объем рабочей камеры установки, л	2.5	4.5	7.0
Максимальная масса обрабатываемой детали, кг	1.0	2.5	5.0
Максимальный габаритный размер детали, м	$70 \cdot 10^{-3}$	$140 \cdot 10^{-3}$	$300 \cdot 10^{-3}$

Ограничения в конструкции обрабатываемых деталей является также наличие пазов, выемок, канавок, внутренних отверстий, доступ к которым обрабатывающей среды затруднен.

В процессе обработки деталей следует учитывать, что выбор зернистости шлифовального материала зависит от исходной шероховатости. Согласно исследований, проведенных в работе [1], рекомендуются следующие соотношения между этими параметрами (таблица 2).

Таблица 2 - Соотношения между исходной шероховатостью поверхностей деталей и зернистостью абразивного материала.

Исходная шероховатость обрабатываемой поверхности, R_a мкм	Зернистость абразивного материала, z
25...12.5	160...200
6.3...3.2	80...125
1.6...0.8	10...63
0.8...0.4	M5...M63

В настоящее время отработаны режимные параметры обработки деталей различного назначения из разных материалов и сплавов.

Типичными представителями деталей, обрабатываемых данным методом, являются кольца прядильных и крутильных машин, ролики механизма раскладки пряжи, ролики и кулачки механизма газораспределителя дизелей ТНП, плоские длинномерные детали, а также детали из порошковой металлургии. Материалы для таких деталей могут быть такие как конструкционные и легированные стали, а также цветные металлы и сплавы.

Для данных деталей весьма трудоемкими являются финишные операции обработки рабочих поверхностей, которые в настоящее время выполняются либо в ручную, либо методами, обеспечивающими частичную механизацию процесса обработки, но имеющие сравнительно низкую производительность.

Обрабатываемая среда выбирается в зависимости от материалов деталей, ее конструктивного исполнения и требований к качеству обработанной поверхности.

Список литературы: 1.Скрябин В.А. «Основы процесса субмикроре- зания при обработке деталей незакрепленным абразивом». - Пенза: изд-во ПВАИУ, 1992.-120с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ СЛИТКОВ И ОТЛИВОК ПРИ НАЛОЖЕНИИ УПРАВЛЯЮЩЕГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ЖИДКОЙ ВАННЫ

Смирнов А.Н., Редько Г.А. (ДонГТУ, ДонГУ, г. Донецк, Украина)

On the basis of mathematical modelling, the effect of pulsating forced on hydrodynamical, thermal and solidification processes in the steel ingot has been investigated.

В условиях формирования рыночных отношений развитие машиностроительного комплекса Украины характеризуется ускоряющимся повышением требований к конечной продукции предприятия, что обуславливает необходимость повышения качества потребляемых заготовок с одновременным снижением их себестоимости.

Значительные резервы повышения качества машиностроительных заготовок существуют при производстве отливок и кузнечных слитков за счет перераспределения дефектов усадочного и ликвационного характера непосредственно в ходе затвердевания. На практике это получило широкомасштабное подтверждение при использовании специальных методов литья и виброимпульсных методов обработки [1-3]. Вместе с тем, достигаемые качественные эффекты не всегда адекватно коррелируются с ре-

жимами обработки, что, по мнению авторов, служит подтверждением наличия в жидкой ванне сложных процессов тепло- и массопереноса, развитие которых зависит от параметров воздействия и геометрических размеров жидкой ванны, изменяющейся в ходе затвердевания.

Исследования выполнены для метода пульсационного воздействия, заключающегося в периодическом вытеснении порций металла из погружаемой огнеупорной трубы вглубь жидкой ванны. Математическая модель кристаллизации слитка или отливки была сформулирована на базе уравнений движения несжимаемой вязкой жидкости (Навье-Стокса), неразрывности и теплопереноса. Расчет доли твердой фазы осуществлялся по правилу неравновесного рычага. В выходном сечении пульсационной трубы использовалось условие периодического изменения скорости, полученное в результате физического моделирования [4]:

$$V_m = V_0 \left(-1 + \sum_{k=1}^5 \frac{\sin(k\omega t)}{k} \right),$$

где V_0 – амплитуда, ω – частота воздействия. Граничные условия для температуры отражают отсутствие потока тепла на оси слитка, сопряжение на границах расплав-твердая фаза и металл-изложница (в предположении идеального контакта) и внешний теплообмен на границе контакта изложницы с окружающей средой.

Для численного решения поставленной задачи использовался двух-полевой метод. При этом в математической формулировке модели осуществляется переход к переменным вихрь (ω) и функция тока (ψ), а используемые уравнения преобразуются к виду:

$$\frac{\partial \omega}{\partial Fo} + \frac{\partial (u\omega)}{\partial x} + \frac{\partial (v\omega)}{\partial y} = Pr \left[\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right] + Pr^2 Gr \frac{\partial \theta}{\partial x}, \quad (1)$$

$$\omega = - \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} \right), \quad (2)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial Fo} + \frac{\partial (u\theta)}{\partial x} + \frac{\partial (v\theta)}{\partial y} = \left[\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} \right], \quad (3)$$

где $u = \partial \psi / \partial y$, $v = -\partial \psi / \partial x$ – компоненты скорости, θ – безразмерная температура, Fo , Pr , Gr – критерии Фурье, Прандтля и Грасгофа. Конечно - разностная аппроксимация уравнений (1-3) и граничных условий осуществлялась с помощью интегро-интерполяционной процедуры и метода переменных направлений. Особенностью решения системы (1-3) является наличие больших локальных градиентов скорости, что накладывает жесткие

ограничения на величину временного шага, нарушение которых приводит к неустойчивости разностной схемы.

Разработанная математическая модель позволяет рассчитывать величину и направление движения жидкости, а также температуру для любой точки заданного объема в течение всего периода обработки и затвердевания. Математическая модель обеспечивает адекватный перенос всех наблюдаемых на физической модели эффектов в части гидродинамики и теплопереноса. При этом расхождение расчетных и экспериментальных значений не превышало 8-10%.

Установлено, что при наложении пульсационного воздействия происходит кардинальное изменение характера движения потоков расплава в жидкой ванне. Характерными особенностями перемешивания при пульсационном воздействии следует считать: формирование зоны вихревых турбулентных течений в области прямого распространения пульсирующей струи; формирование направленных конвективных потоков, восходящих вдоль фронта затвердевания по периферии жидкой ванны; формирование в прибыли слитка зоны циркуляционных потоков, движущихся вдоль фронта затвердевания и зеркала металла. Степень развития вышеперечисленных зон и явлений во многом зависит от места приложения и интенсивности вынуждающих пульсаций.

На рис. 1 приведен характерный пример динамики затвердевания стального слитка в условиях наложения пульсационного перемешивания.

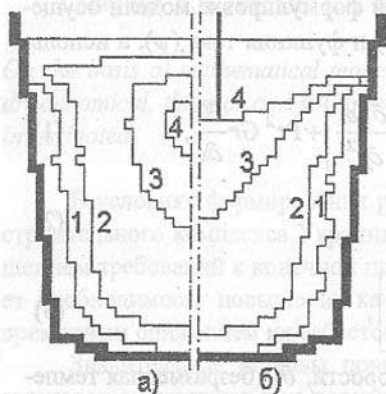


Рис. 1. Фронты кристаллизации сравнительного (а) и опытного (б) слитков для моментов времени: 1 – 5 мин, 2 – 20 мин, 3 – 40 мин, 4 – 60 мин.

Как видно из приведенных данных, наиболее существенные отличия наблюдаются в зоне приложения пульсационного воздействия. К их числу следует отнести изменение температурного поля в прибыли слитка. При этом расчетное повышение температуры в зоне теплового ядра составляет 25-30 °С (рис. 2), в совокупности с его смещением в более высокие горизонты (к нижнему краю погружаемой трубы), что, по существу, эквивалентно улучшению условий тепловой работы прибыли в целом. Это подтверждается тем фактом, что продвижение фронта затвердевания в прибыли при наложении пульсационного воздействия существенно за-

медляется (рис. 3). Следует дополнительно отметить, что эффект "деформации" температурного поля при пульсационном воздействии носит в целом локальный характер и практически не наблюдается в среднем сечении слитка.

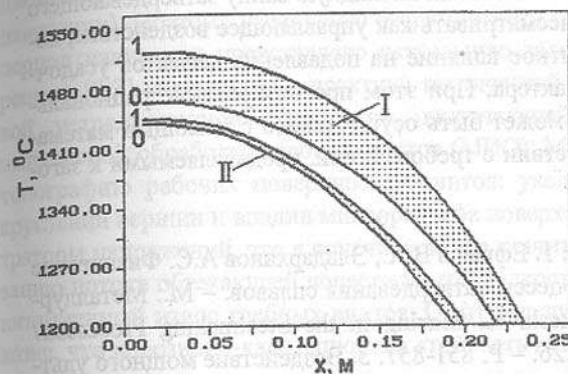


Рис. 2. Распределение температуры по горизонтали в нижней части прибыли (I) и на половине высоты слитка (II) в условиях естественной конвекции (0) и пульсационного воздействия (1).

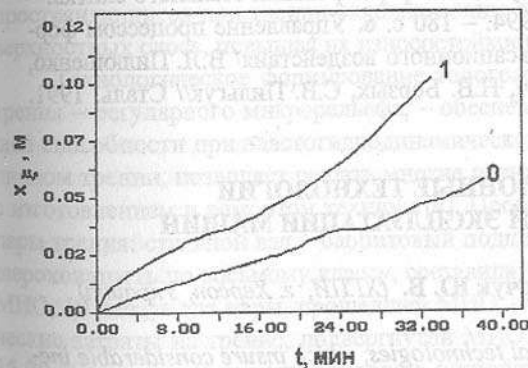


Рис. 3. Динамика продвижения фронта затвердевания в прибыльной части слитка в условиях естественной конвекции (0) и пульсационного воздействия (1).

Результаты проведенных расчетов достаточно хорошо коррелируются с экспериментальными данными, полученными на крупных кузнечных слитках [6], в части перемещения в верхние горизонты прибыли усадочной раковины и смещения в тело слитка шнуров внецентренной ликвации. Например, для слитка массой 36 т отмечено уменьшение глубины проникновения усадочной раковины на 250-300 мм, а шнуры внецентренной ликвации полностью отсутствовали в зоне, затвердевшей непосредственно в ходе пульсационного перемешивания. Можно предположить, что ликвирующие элементы выносились в прибыльную часть слитка восходящими конвективными потоками, формируемыми в ходе обработки. При

этом зона подусадочной положительной ликвации в опытном слитке располагалась непосредственно у нижнего среза погружаемой трубы и соответствовала расчетному положению теплового ядра в прибыли слитка.

Обобщая выполненные исследования, следует отметить, что наложение пульсационного перемешивания на жидкую ванну затвердевающего слитка и отливки можно рассматривать как управляющее воздействие, которое оказывает благоприятное влияние на подавление дефектов усадочного и ликвационного характера. При этом прогнозирование рациональных режимов воздействия может быть осуществлено с помощью математической модели в соответствии с требованиями, предъявляемыми к заготовке.

Список литературы: 1. Ефимов В.А., Эльдарханов А.С. Физические методы воздействия на процессы затвердевания сплавов. – М.: Металлургия, 1995. – 272 с. 2. Takeshi K. Stirring in the Steelmaking Processes// Transactions ISIJ. 1986. Vol.26. – P. 851-857. 3. Воздействие мощного ультразвука на межфазную поверхность металлов/ О.В.Абрамов, В.И. Добаткин, В.Ф. Казанцев и др. – М.: Наука, 1986. – 278 с. 4. Ефименко С.П., Пилошенко В.А., Смирнов А.Н. Пульсационное перемешивание металлургических расплавов. – М.: Металлургия, 1989. – 168 с. 5. Огурцов А.П., Недопекин Ф.В., Белоусов В.В. Процессы формирования стального слитка. – Днепропетровский: ДПТУ. – 1994. – 180 с. 6. Управление процессом формирования слитков путем пульсационного воздействия/ В.Л. Пилошенко, А.Н. Смирнов, Л. Неделькович, Н.В. Борзых, С.В. Пильгук// Сталь. 1991. № 2. – С. 27-29.

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН

Снеговский Ф. П., Бондарчук Ю. В. (ХГПИ, г. Херсон, Украина)

Here are regarded non-traditional technologies, which insure considerable increase of reliability of work of machines tribosystems.

Повышение показателей надежности работы технологических машин при форсировании режимных параметров и снижении энергетических затрат напрямую связано с внедрением в практику технической эксплуатации современных достижений трибологии и химмотологии [1].

Рассмотрим некоторые аспекты этой проблемы по результатам выполненных нами исследований и конструктивно-технологических разработок.

Гребные винты судов типа «река-море» из-за интенсивного кавитационно-эрозийного износа имели малые сроки службы (примерно $\frac{1}{4}$ срока наработки). Поэтому увеличение безремонтного срока службы хотя бы на период навигации представляло актуальную задачу. Она была успешно решена [2,3] внедрением в практику технической эксплуатации судов новой нетрадиционной технологии, включающей операцию магнитно-импульсной обработки гребных винтов (МИО). МИО позволяет улучшить топографию рабочих поверхностей винтов: увеличиваются радиусы закруглений вершин и впадин микрорельефа поверхности, исчезают концентраторы напряжений, что в конечном итоге значительно снижает турбулизацию потока обтекающей лопасти винта жидкости и, соответственно, кавитационный износ гребных винтов. Опыт эксплуатации убедительно показал, что коррозионно-кавитационная стойкость винта при МИО значительно возросла.

Известно, что срок службы узлов трения машин в значительной мере определяется совершенством технологии приработки. В период приработки происходит смятие и срезание наиболее высоких гребешков неровностей, в результате чего уменьшается шероховатость поверхности, а распространяющиеся при трении силовые волны деформируют структуру поверхностных слоев, повышая их износостойкость.

Технологическое формирование топографии рабочих поверхностей трения – регулярного микрорельефа, – обеспечивающее повышение несущей способности при эластогидродинамическом и срока службы при граничном трении, позволяет решать многие практические задачи, связанные с изготовлением и ремонтом техники [4]. Продолжительность приработки пары трения: стальной вал – баббитовый подшипник, имеющих исходную шероховатость по восьмому классу, составила: для пары, не подвергнутой МИО, 10 час., а для пары, прошедшей МИО, – 4 часа, при этом энергетические затраты на трение, подвергнутой МИО и приработанной пары, на 15-20 % меньше. В герметизирующих устройствах валов машин широкое применение имеют манжетные герметизаторы (уплотнения), сопряженные в большинстве случаев с гладкими рабочими поверхностями валов. Данные экспериментальных исследований и опытно-конструкторских разработок, выполненных в последние годы [5], показывают, что повышение надежности работы манжетных уплотнений можно достичь путем создания под рабочей кромкой манжеты постоянного слоя смазочной жидкости или путем использования избирательного переноса. Утечки уплотняющей

жидкости при этом резко уменьшаются, а энергетические затраты на трение в герметизирующих трибосистемах снижаются больше чем на половину. Уменьшение энергетических затрат на трение (до 40%) в манжетных герметизаторах достигается также при создании на валу под рабочей кромкой манжеты намагниченного слоя и использования ферросмазки и др. Результаты этих исследований показывают на практическую целесообразность создания заводских стандов обкатки (приработки) механизмов с включением в них комплексов МИО.

Важную роль в обеспечении работоспособности двигателей внутреннего сгорания имеет сохранение в процессе эксплуатации сборочных зазоров в ответственных парах трения механизмов питания топливом (плунжер и гильза топливного насоса, игла и корпус распылителя форсунки и др.). Эти пары трения необходимо защищать от биокоррозии, происходящей от жизнедеятельности микроорганизмов в топливе, электрохимического и абразивноусталостного изнашивания, в результате чего в них увеличиваются зазоры, что нарушает нормальную работоспособность двигателей. Обработка дизтоплива магнитными импульсами без применения дорогостоящих присадок и устаревших технологий является одним из нетрадиционных способов сохранения их свойств. Для практического решения этой проблемы нами совместно с к. т. н. Уваровым В. А. (Херсонский судоремонтный завод) создан «Стенд для испытания топливной аппаратуры», позволяющий подавлять микроорганизмы в топливе. Укрпатентом эта разработка признана изобретением (Терминовий патент України №93030199 від 14.11.93 р.).

В сочетании с разработанными в Украине технологиями уменьшения шероховатостей рабочих поверхностей несомненно практический интерес представляет разработка фирмы *Entech* по изменению поверхностной структуры металла в сторону уменьшения шероховатостей, которые, как совершенно справедливо считает фирма, являются основной причиной трения и, как его следствие, нагрева и износа. Фирмой *Entech* для этой цели создан препарат *Relage* – «освобождающий трение», который, будучи введенным в смазку, воздействует на металлы, улучшая его шероховатость, не изменяя свойства смазки.

Рассмотренные здесь нетрадиционные технологии, примененные при изготовлении и технической эксплуатации машин, оказывают положительное влияние на надежность работы машин, поэтому их дальнейшее совершенствование как технологий XXI века крайне актуально.

Список литературы: 1. Снеговский Ф. П. Актуальные задачи трибологии портовых машин. Сб. ОИИМФ «Инженерные сооружения портов

и механизация перегрузочных работ», изд. Транспорт, М, 1989, с 58-61. 2. А.С. 1693778 СССР Способ обработки деталей / Снеговский Ф. П., Уваров В. А., Кучеренко В. П. Не публикуется. 3. Снеговский Ф. П., Уваров В. А. Влияние магнитной обработки на кавитационный износ // Трение и износ. – Минск: Наука и техника 1991, Т.12, № 3, с 535-539. 4. Снеговский Ф. П. Макро- и микропрофилирование подвижных поверхностей трения – способ повышения несущей способности при жидкостном и срока службы при граничном трении. Современные проблемы триботехнологии. Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции. Николаев, НКИ, 1988, с 23-25. 5. Снеговский Ф. П., Сербин А. Н. Повышение надежности манжетных уплотнений. Сб. Трение и износ, т.8, №5, АН БССР, Изд-во «Наука и техника», Минск, 1987, с.933-937.

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ КАНАЛОВ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА

Солдаткин В. М. (КГТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань, Россия)

The herein presented results of studies reveal the essence of construction, principles of analysis and synthesis of information-control systems intended for ensuring the aircraft flight safety in gusty air.

Проблема повышения безопасности полетов летательных аппаратов (ЛА), в частности самолетов, обуславливает применение специальных инструментальных средств предупреждения и предотвращения критических режимов (СПКР) [1,2]. Значительная часть возникающих в полете летных происшествий связана с воздействием опасных внешних возмущений, отказами техники, ошибками пилотирования, а также с неправильными действиями экипажа или неэффективными алгоритмами системы автоматического управления (САУ) при попадании ЛА в нестандартную ситуацию. Это определяет широкие перспективы применения информационно-управляющих систем обеспечения безопасности полета (ИУС ОБП), решающих задачи обнаружения, идентификации и прогнозирования развития опасных режимов полета, эффективной перестройки алгоритмов автоматического и штурвального управления, принятия решений и информационной поддержки экипажа в нестандартных ситуациях [3].

Разработка и реализация ИУС ОБП предусматривает формирование частных $\Phi_{ав}^{x_i}$ (по отдельным критическим параметрам полета x_i) и

обобщенной $\Phi_{ас}^{x_i}$ (по режиму пилотирования в целом) информативных функций безопасности [4,5], отражающих вероятности неблагоприятного исхода полета и возникновения в полете регламентируемых нормами летной годности самолета (НЛГС) особых ситуаций: усложнения условий полета (УУП), сложной (СС), аварийной (АС) или катастрофической (КС) ситуаций. Вид информативных функций $\Phi_{ас}^{x_i}$ и $\Phi_{ас}^{x_j}$ определяется этапом или режимом полета, аэродинамическими, прочностными и другими эксплуатационными характеристиками объекта, критическими параметрами траекторного движения и движения самолета относительно центра масс, его характеристиками устойчивости и управляемости. Указанные информативные функции характеризуют количественное изменение текущего уровня безопасности при изменении критических параметров x_i и других фазовых координат x_j объекта и являются исходными при анализе и синтезе каналов измерения и предупреждения, автоматического и штурвального управления ИУС ОБП.

В докладе с учетом подходов, используемых в каналах предупреждающей сигнализации СПКР, приведены соотношения для определения порогов настройки каналов предупреждения о приближении к границам регламентируемого уровня безопасности по отдельным критическим параметрам x_i и по режиму полета в целом.

Показано, что обобщенную информативную функцию безопасности $\Phi_{ас}$ можно рассматривать не только как сложную функцию фазовых координат x_i ($i = 1, n$) с областью определения, задаваемой эксплуатационными ограничениями x_{n1} , но как функцию аргументов $\Phi_{ас}^{x_i}$ ($i = 1, m$, $m < n$) с областью определения $0 \leq \Phi_{ас}^{x_i} < 1$. Последнее позволяет перенести исследование поведения информативной функции $\Phi_{ас}$ из фазового пространства переменных x_i в соответствующее пространство переменных $\Phi_{ас}^{x_i}$. При этом, эксплуатационное множество $\Phi_{ас}^3 (\Phi_{ас}^{x_1}, \Phi_{ас}^{x_2}, \dots, \Phi_{ас}^{x_m})$ допустимых по критерию безопасности значений информативных функций $\Phi_{ас}^{x_i}$ будет существенно меньше, чем ограничений, накладываемых на фазовые координаты объекта. Последнее особенно важно при принятии решений и построении управлений по выводу ЛА из зоны опасного режима полета и снижении степени опасности возникающей особой ситуации.

Раскрываются методики формирования предупреждения и построения стратегии управления по критерию безопасности при одновременном выходе на границы эксплуатационных ограничений $r < m$ информативных

функций $\Phi_{ас}^{x_i}$. Отмечено, что для принятия своевременных решений на критических режимах полета возникает необходимость проверки принципиальной возможности построения управления по критерию безопасности. Решение задачи принятия решений и построения управления, обеспечивающего вывод объекта из особой ситуации с наименьшими затратами времени и управлений, предложено проводить с использованием полной производной $d\Phi_{ас}/dt$ и вектора $\text{grad } \Phi_{ас}$ информативной функции $\Phi_{ас}$.

При построении кривой или поверхности изменения вектора $\text{grad } \Phi_{ас}$ в пространстве изменения критических параметров режима полета x_i ($i = 1, m$) целесообразно описывать их в параметрическом виде. Показано, что такой подход позволяет получать аналитические выражения для линий и поверхностей уровня равной безопасности, которые далее можно использовать при обнаружении и идентификации возникающих нештатных ситуаций, при принятии решений и построении эффективных управлений по выводу из них, в качестве директивной или визуальной информации каналов принятия решений и информационной поддержки экипажа в особых ситуациях. Эффективность предложенных подходов и разработанных методик подтверждается результатами моделирования посадки магистрального самолета в условиях сдвига ветра. Показано, что ИУС ОБП парирует все типовые профили сдвига ветра и обеспечивает поддержание обобщенной функции безопасности $\Phi_{ас}(t)$ вблизи заданного эксплуатационного значения $\Phi_{ас}^3 = 10^{-7}$. По сравнению со штатным автопилотом, который не парирует ряд опасных профилей сдвига ветра, ИУС ОБП обеспечивает как максимальное использование возможностей бортовой САУ при уменьшении диапазонов используемых для парирования возмущений по рулю высоты и по тяге, так и существенное улучшение интегральной характеристики безопасности $\gamma(t)$, определяющей величину и время нахождения уровня безопасности за пределами регламентируемого значения $\Phi_{ас}^3$.

Для информационной поддержки экипажа при посадке предложено дополнить традиционную систему отображения информации образным индикатором безопасности, на информационном табло которого отражается текущий и прогнозируемый уровень безопасности режима полета, характеризующий соответствующими значениями информативной функции $\Phi_{ас}(t)$ и $\Phi_{ас}(t + \Delta t)$. При приближении $\Phi_{ас}(t + \Delta t)$ к границе эксплуатационного значения $\Phi_{ас}^3$ на информационном поле индикатора безопасности

также выводятся значения частных информативных функций $\Phi_{av}^{x_i}$, отражающие причину приближающейся особой ситуации, и команды "подсказки", определяющие действия экипажа по ее парированию. Это позволяет повысить достоверность предупреждающих сигналов, уверенность пилотирования и эффективность штурвального управления по выводу самолета из зоны опасного режима полета.

Список литературы: 1. Летные испытания систем пилотажно-навигационного оборудования / Под ред. Е. Г. Харина – М.: Машиностроение, 1986. – 133 с. 2. Абутидзе З. С., Клоев Г.И., Солдаткин В.М. и др. Состояние и перспективы развития систем предупреждения критических режимов // Авиационная промышленность. 1990. №12. – С. 25-27. 3. Солдаткин В.М. Основы синтеза информационно-управляющих систем обеспечения безопасности полета // Изв. вузов. Авиационная техника. 1994. №2. – С. 18-23. 4. Солдаткин В.М. Формирование информационных функций безопасности режима полета самолета // Оборонная техника. 1995. №8. – С. 23-26. 5. Солдаткин В.М. Информационно-управляющая система обеспечения безопасности полета // Сборник трудов Международной научно-технической конференции "Прогрессивные технологии машиностроения и современность". – Донецк: ДонГУ, 1997. – С. 224-225.

ИСТОЧНИКИ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ВЫСОКИМ КАЧЕСТВОМ ЭНЕРГИИ

Соляник В. П., Чаусов А. А., Ассуиров Д. А., Кузнецов Б. И.
(УИПА, г. Харьков, Украина)

High quality of output of direct current source is based on the twochannel system that work according to the principle of rough and fine control. Iterative algorithm and structure is used in this system.

Для проведения ряда технологических процессов требуются источники постоянного тока с высоким качеством выходной энергии. В, частности, для ряда технологических процессов требуется уровень пульсаций выходного тока до 0,01% в диапазоне частот 0-300 Гц и уровень пульсаций до 0,001% в диапазоне частот 300-1000 Гц. Традиционно в таких технологических процессах использовались аккумуляторные батареи. Реализовать столь высокие требования к качеству выходной энергии с помощью обычных серийно выпускаемых тиристорных преобразователей практиче-

ски невозможно. В связи с этим источники постоянного тока выполняются двухканальными так, что основным силовым каналом является тиристорный преобразователь частоты с пассивным LC фильтром на выходе, а вторым менее мощным но более быстродействующим каналом является последовательно включенный активный фильтр. Использование активного фильтра, представляющего собой транзисторный усилитель с трансформаторным выходом, позволяет существенно уменьшить ошибку основного силового канала тиристорного преобразователя.

Для уменьшения уровня пульсаций основного силового канала тиристорного преобразователя использованы коммутационные фильтры, что позволило существенно уменьшить уровень неканонических гармоник. Второй канал компенсирует ошибки регулирования заданного значения тока основным силовым каналом - тиристорным преобразователем. Полоса пропускания транзисторного усилителя активного фильтра может быть реализована достаточно большой, что позволяет получить высокую результирующую точность двухканальной системы регулирования.

При синтезе такой системы использовался итерационный принцип построения двухканальной системы управления, что позволяет упростить наладку и эксплуатацию системы. В связи с этим вначале синтезированы структуры двухканальных итерационных систем, у которых одновременно выполняется итерационный алгоритм как по задающему, так и по возмущающему воздействию. Это потенциально позволяет получать высокую результирующую точность как при быстром изменении задающего воздействия, так и при действии возмущений с широким спектром частот.

Построим многоканальную систему таким образом, чтобы процесс стабилизации выходных переменных $\bar{y}(t)$ при наличии возмущений $\bar{F}(t) = [F_1(t), F_2(t), \dots, F_n(t)]^T$ осуществлялся последовательными приближениями, реализуемыми соответствующими каналами $R_i(p)$ так, чтобы ошибка на выходе системы от возмущения $F_i(t)$ с увеличением числа каналов стремилась к нулю.

Поставленной задаче удовлетворяют рекуррентные соотношения, соответствующие итерационному процессу стабилизации:

$$\begin{aligned} y_1(t) &= y_1^*(t) + F_1(t); \quad y_2(t) = y_1(t) + y_2^*(t) + F_2(t); \\ y_3(t) &= y_2(t) + y_3^*(t) + F_3(t); \dots \\ y_n(t) &= y_{n-1}(t) + y_n^*(t) + F_n(t) \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} y_1^*(t) &= R_1(p)(x_1(t) - y_1(t)); \\ y_2^*(t) &= R_2(p)(x_2(t) - y_2(t)); \\ y_3^*(t) &= R_3(p)(x_3(t) - y_3(t)); \dots \\ y_n^*(t) &= R_n(p)(x_n(t) - y_n(t)). \end{aligned}$$

$$y_1(t) = W_1(p)x_1(t) + E_1(p)F_1(t);$$

$$y_2(t) = W_1(p)E_2(p)x_1(t) + W_2(p)x_2(t) + E_1(p)E_2(p)F_1(t) + E_2(p)F_2(t)$$

$$y_3(t) = W_1(p)E_2(p)E_3(p)x_1(t) + W_2(p)E_3(p)x_2(t) + W_3(p)x_3(t) + \\ + E_1(p)E_2(p)E_3(p)F_1(t) + E_2(p)E_3(p)F_2(t) + E_3(p)F_3(t);$$

$$y_n(t) = W_1(p) \prod_{i=2}^n E_i(p)x_1(t) + W_2(p) \prod_{i=3}^n E_i(p)x_2(t) + \\ + W_{n-1}(p)E_n(p)x_{n-1}(t) + W_n(p)x_n(t) + \prod_{i=1}^n E_i(p)F_1(t) + \prod_{i=2}^n E_i(p)F_2(t) + \dots \\ + E_{n-1}(p)F_{n-1}(t) + E_n(p)F_n(t),$$

где $W_i(p) = R_i(p)[I + R_i(p)]^{-1}$; $E_i(p) = [I + R_i(p)]^{-1}$
или полагая в соотношениях $x(t) = \vec{0}$ и переходя к матричной форме записи, получаем

$$\vec{y}(t) = \Phi(p)\vec{F}(t);$$

$$\Phi = \begin{pmatrix} \dot{F}_1 & 0 & \dots & 0 \\ \dot{F}_1 \dot{F}_2 & \dot{F}_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \prod_{i=1}^n E_i & \prod_{i=2}^n E_i & \dots & E_n \end{pmatrix}.$$

Отсюда видно, что точность компенсации основного возмущения $F_1(t)$, полученная с помощью многоканальной системы, построенной по итерационному алгоритму, потенциально может быть очень высокой, так как динамические свойства каждого канала используются для этого наиболее полно. При этом ошибка $\varepsilon_n(t)$ компенсации возмущения $F_1(t)$ на выходе n -канальной системы

$$\varepsilon_n(t) = \prod_{i=1}^n E_i(p)F_1(t).$$

В частности, если каждый из каналов является астатической системой с коэффициентом усиления по скорости, равным 100, то n -канальная система обладает астатизмом n -го порядка и коэффициентом усиления $k=10^{2n}$. Реализовать такую высокую точность эквивалентной одноканальной системе даже при $n=3$ технически затруднено.

Рассмотрим возможность построения многоканальной системы стабилизации с желаемым алгоритмом функционирования, определяемым матрицей $\Phi(p)$, путем добавления к исходной автономной системе, заданной операторной матрицей разомкнутых каналов

$$R(p) = \text{diag}\{R_1(p), R_2(p), \dots, R_n(p)\},$$

преобразователя выхода $L(p)$ и двух преобразователей обратных связей $P(p)$ и $Q(p)$.

Таким образом, следует определить $2n^2$ элементов $p_{ij}(p)$ и $q_{ij}(p)$ матриц $P(p)$ и $Q(p)$ из n^2 уравнений.

Для устранения этой неопределенности воспользуемся критерием инвариантности алгоритма функционирования многомерной системы. Сформулируем этот критерий.

Пусть $\psi_{ij}(p_{\mu\nu}, q_{\mu\nu}, R_k)$; $i, j=1, 2, \dots, n$ - элемент матрицы реализуемой системы, состоящий из заданных каналов R_k и обратных связей $p_{\mu\nu}, q_{\mu\nu}$, а $\varphi_{ij}(R_k)$ - тот же элемент матрицы, соответствующий желаемому алгоритму функционирования реализуемой системы. Тогда последний обладает свойством инвариантности относительно измерения параметров и структуры каналов R_k автономной системы в том случае, если существует набор $p_{\mu\nu}, q_{\mu\nu}$, обеспечивающий одинаковую зависимость функций ψ_{ij} и φ_{ij} от R_k .

Испытания такого двухканального источника постоянного тока с высоким качеством выходной энергии показали возможность реализации заданных уровней пульсации выходного тока при сравнительно простой наладке и эксплуатации. Источник рекомендован к серийному производству.

ВЛИЯНИЕ КИНЕМАТИКИ НА ПРОЦЕСС ДОВОДКИ СФЕРИЧЕСКИХ ГОЛОВОК ИЗ КЕРАМИКИ

Сохань С.В. (ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев, Украина)

Calculation relations for the sliding velocity in contact are obtained for the elastic deformed tool and workpiece. It allows to take into account influence of tangent stress of friction at the obtaining sizes of a contact areas, normal stress and kinematic variable for process of diamond lapping.

Для использования керамических имплантатов на основе оксида алюминия в клинических целях требуется разработать современную техно-логию их алмазной доводки. Требования к сферической части диаметром 32,00_{-0,02} мм или 28,00_{-0,02}: некрутлость менее 5 мкм и шероховатость $R_a = 0,16 \dots 0,08$ мкм.

Образование сферы происходит при одновременном вращении детали и инструмента, ось которого проходит через ось вращения детали и наклонена к оси образуемой сферы под углом. Из-за углового расположения

осей вращения не требуется принудительного вращения инструмента (рис.1). В полученной кинематической паре соотношение угловых скоростей ведомого (инструмента) и ведущего (детали) звеньев колеблется в пределах 0,6...0,9. С позиций теории изнашивания поверхностей изменение радиусов кривизны инструмента и детали зависит от распределения контактного давления и поля скорости в области контакта и в то же время является причиной перераспределения контактного давления и изменения поля скорости.

Будем рассматривать "идеальную" кинематическую пару инструмент - деталь, то есть без отклонений формы и размеров. Вращение детали характеризует угловая скорость ω_1 , вращение инструмента - ω_2 .



Рис.1. Схема алмазной доводки шаровой детали.

Поскольку на инструмент со стороны детали и поводка наложены связи, составляющие угловой скорости ω_1 и ω_2 равны нулю. Так как составляющая ω_n не зависит от времени, то вектор угловой скорости инструмента прецессирует вокруг оси Oz . Кроме того, к (1) следует добавить уравнение равновесия инструмента под действием активных сил и реакций связей, вследствие его равномерного движения, т.е.

$$\vec{F} + \vec{R} = 0. \quad (2)$$

По соотношениям (1) и (2) можно определить неизвестную кинематическую переменную ω_2 , силу фрикционного взаимодействия - резания $F_{тр}$ в контактной зоне, возникающую в результате перемещения инструмента относительно детали; соответствующую реакцию R_n в шарнире поводка..

В прямоугольной системе координат $O'\eta\xi\zeta$, которая связана в данный момент с контактом в произвольной точке O' на окружности началь-

ного касания, оси $O'\eta$, $O'\xi$, $O'\zeta$ направим поперек и вдоль кольцевой площадки контакта, а также по нормали к ней. Тогда скорости скольжения поверхности инструмента относительно поверхности детали в области контакта распределяются в соответствии с соотношениями:

$$\Delta V^\eta = \Delta V_0^\eta - \omega_2 \zeta \xi; \\ \Delta V^\xi = \Delta V_0^\xi - \omega_2 \zeta \eta - \omega_2 \left(-\delta_2^n + z_\delta \cos \varphi_0 + \frac{\eta^2}{2r_2^2} \right) \sin \varphi_0, \quad (3)$$

где $\omega_2 \zeta = \omega_1 \cos \gamma_{z\xi} + \omega_2 \cos \varphi_0$ - проекция относительной угловой скорости инструмента; $\Delta V_0^\eta = -R_1 (\omega_1 \cos \gamma_{z\xi} + \omega_2 \sin \varphi_0 \cos \varphi_0)$ и $\Delta V_0^\xi = R_1 \times (\omega_1 \cos \gamma_{z\eta} - \omega_2 \sin \varphi_0 \sin 2\theta)$ - определяют скорость проскальзывания в точке O' ; $\delta_2^n = \delta_2 \cos \varphi_0$ - упругая деформация инструмента по нормали к касательной плоскости; z_δ - зазор между телами в направлении их сближения; $\cos \gamma_{x\eta}$, $\cos \gamma_{z\eta}$ - направляющие косинусы.

Распределение скоростей проскальзывания в соответствии с (3) вызовет обусловленные этим касательные напряжения $\vec{\sigma}_\tau^v = \sigma_{\xi\xi}^v \vec{e}_\xi + \sigma_{\eta\eta}^v \vec{e}_\eta$, которые следует учитывать наряду с касательными напряжениями $\vec{\sigma}_\tau^\delta = \sigma_{\eta\eta}^\delta \vec{e}_\eta$, обусловленными сближением инструмента и детали.

Зная распределение касательных напряжений, можно найти силу $F_{тр}$ и момент $M_{тр}$, действующие на инструмент при взаимном перемещении поверхностей инструмента и детали, вычисляя интегралы по площади принятого элемента узкой площадки контакта и затем интегрируя по всей площади контакта. Вследствие сложности подынтегральных функций, силу $F_{тр}$ и момент $M_{тр}$ представляется целесообразным рассчитывать в ходе численного определения размеров площадки контакта и действующих на ней нагрузок в условиях действия момента сил [1].

Список литературы: 1. Расчетные зависимости контактной задачи применительно к алмазной доводке керамических шаровых головок / Сохань С.В.// Сверхтвердые материалы. - 1997 г. - N5, С. 34-42.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КОМПРЕССОРА БЫТОВОГО ХОЛОДИЛЬНИКА "НОРД"

Спруцко К.И. (АО "Норд", г. Донецк, Украина), Богданов В.А.,
Бейгельзимер Я.Е. (ДФТИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Authors propose mathematical description of compressor mechanism of domestic refrigerator. The KSR software package intended for the computer simulation of compressor mechanism operation is described. This software is provided with user-friendly interface and can be used independently as well as the part of CAD system developed at the Nord Co.

В связи с расширением номенклатуры производимых АО "Норд" холодильников и морозильников возникает задача выпуска компрессоров с различными характеристиками. Выбор оптимального варианта их конструкции связан с решением сложной многокритериальной задачи, учитывающей проблемы повышения надежности, долговечности, прочности, экономичности, снижения уровня производственных затрат и т.д. Поэтому наиболее рациональным путем решения этой задачи является компьютерное моделирование компрессора и последующая оптимизация его конструкции на основе компьютерных, лабораторных и промышленных экспериментов.

Многие исследователи внесли свой вклад в создание теоретических моделей компрессоров холодильных установок. Как правило, разработанные модели отражают в основном термодинамические процессы, а также газо- и гидродинамические эффекты, связанные с работой компрессора. Причем, при моделировании обычно не учитывают динамические характеристики его приводной системы, а скорость вращения вала двигателя полагают постоянной.

Последнее допустимо лишь в тех случаях, когда масса неподвижных узлов компрессорного блока достаточно велика, а двигатель имеет большой запас мощности. Действительно, компрессорный блок, расположенный на упругой подвеске, представляет собой колебательную систему, подверженную периодическим воздействиям, которые связаны с не скомпенсированными силами инерции движущихся частей механизма компрессора.

Известно, что если в такой системе используется двигатель, обладающий небольшой мощностью, то процесс колебаний системы заметно влияет на нагрузочную характеристику двигателя и угловую скорость вращения вала. По этой причине, при компьютерном исследовании работы

компрессоров малой мощности необходимо иметь модели, описывающие кинематику и динамику его механизма.

ДФТИ НАН Украины совместно с АО "Норд" разработана математическая модель, позволяющая осуществить кинематический, силовой и динамический анализ компрессора с кривошипно - кулисным механизмом и вертикальной осью вращения [1].

В рамках модели определяются:

- траектория движения центра масс подвижных частей механизма;
- приведенный к валу двигателя статический момент механизма;
- движущий момент двигателя;
- угловая скорость вращения вала двигателя под нагрузкой;
- потребляемая мощность;
- силы инерции, действующие на компрессорный блок;
- параметры колебаний компрессорного блока.

Исходные данные для расчета составляют три группы:

- геометрические размеры вала, ротора, поршня, ползуна, коэффициенты жесткости пружин подвески;
- параметры асинхронного двигателя (номинальная мощность, номинальное скольжение, перегрузочная способность, кратность пускового момента и частота питающего тока);
- перепад давления, обеспечиваемый компрессором (начальное и максимальное значения, характерное время выхода на стационарный режим), силы трения в кинематических парах, начальный угол поворота вала.

В предлагаемой модели перепад давления, обеспечиваемый компрессором, задается в виде функции времени, а силы трения в кинематических парах - соответствующими коэффициентами.

На основании модели создан пакет прикладных программ KSR для компьютерного моделирования работы механизма компрессора. Пакет написан на языке Си под MS DOS, имеет диалоговый графический интерфейс пользователя для VGA. При работе достаточно 200К оперативной памяти и наличие арифметического сопроцессора. Входные параметры поддерживаются в виде бинарного файла, который передается программе с командной строкой. Занесение значений в файл происходит в пунктах меню, отвечающих за ввод данных. Пакет программ имеет набор данных по умолчанию, которые затем в процессе моделирования можно изменять, подбирать и сохранять на внешнем носителе.

Исходные данные, связанные с геометрическими размерами различных узлов компрессора вводятся на фоне параметрических чертежей. При этом оценивается их согласованность, вычисляется масса и траектория центра тяжести. Расчеты статических и динамических характеристик ме-

ханизма компрессора выполняются по запросам и меню. Результаты расчетов представляются в виде графиков для качественного анализа и числовых таблиц для количественных оценок. Пакет KS² можно расширять, добавляя в меню новые пункты как для новых исходных данных, так и для новых расчетов.

Разработанный пакет используется на АО "Юрд" при проектировании компрессоров. В частности, произведен расчет механизма нового компрессора с меньшей, чем у выпускаемого в настоящее время холодопроизводительностью и уменьшенным уровнем шума и вибраций. При этом учитывались критерии минимальных удельных энергозатрат, максимальной унификации деталей компрессора, минимального уровня вибраций. В результате определены основные параметры механизма нового компрессора.

Список литературы: 1. Ya. E. Beygelzimer V. A. Bogdanov, V. I. Landik, V. Z. Spuskaniyk, K. I. Sprutsko. Computer Simulation Of Operation Of The Compressor Assembly For Domestic Refrigerator Produced By NORD Co. - Engineering Mechanics, Vol.4, No.4, p.247 - 257

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОАЗОТИСТЫХ СТАЛЕЙ. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Спусканюк А.В., Бейгельзимер Я.Е., Варюхи В.Н., Эфрос Б.М.

(Донецкий физико-технический институт НАН Украины,
г. Донецк, Украина)

The computer model of a strain of high-nitrogen steel based on the concept of cellular automata is developed. The model allows one to investigate polycrystal as a multilevel hierarchical system and to study singularities of this system behavior in dependence on a structure of material, train mechanisms at the lower levels, program of loading and/or deformation at the upper level, temperature.

Традиционное описание произвольной деформации материалов является сугубо феноменологическим. В его основе лежат некоторые соотношения, связывающие напряжения с величиной остаточной деформации, параметры этих соотношений определяются в тестовых экспериментах. Для определенных целей, связанных, например, с расчетом силовых условий процессов обработки материалов давлением, такое описание вполне удовлетворительно. Однако как только возникают задачи, связанные с

прогнозом физико-механических свойств материалов, исследованием устойчивости пластической деформации, разрушением материалов, то феноменологическое описание становится непригодным, так как все указанные процессы существенно определяются изменением внутренней структуры материала. По этой причине в последние 10-20 лет получили существенное развитие работы, лежащие на стыке механики и физики твердого тела. В этих работах осуществляются попытки построения моделей деформируемого материала, учитывающих его микроструктуру.

В настоящей работе мы предлагаем свой вариант такой модели, основанный на клеточном автомате. Суть концепции клеточных автоматов состоит в том, что область исследования представляется равномерной сеткой, каждая ячейка которой, или клетка, содержит информацию о своих свойствах; время идет вперед дискретными шагами, а законы поведения системы выражаются единственным набором правил (например, небольшой справочной таблицей), по которым любая клетка на каждом шаге вычисляет свое новое состояние по состояниям ее близких соседей. Таким образом, законы поведения системы имеют локальный характер. Клеточный автомат позволяет путем численных экспериментов изучать зависимость макроразвития всего ансамбля клеток от локальных микроскопических законов, определяющих эволюцию каждой клетки. Таким образом, клеточный автомат представляет собой удивительно подходящее средство для компьютерного исследования зависимости отклика материала на внешнее воздействие от механизмов пластической деформации.

Оригинальным решением авторов является самоподобная структура

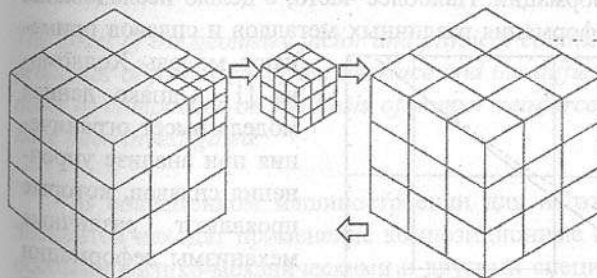


Рис. 1. Модель структуры материала.

клетка 1-го уровня = 27 меньших клеток 2-го уровня

клеточного автомата, позволяющая сразу же отразить в модели фрактальную структуру реальных материалов, в частности, высокоазотистых сталей, в структуре которых выделяют 4 основных масштабных

уровня:

- микроскопический (атомный), с характерным размером $l_{mic}=1-30 \text{ \AA}$, где $\text{\AA}$ – постоянная решетки;
- мезоскопический (уровень дислокационных субструктур), с характерным размером $l_{sub}=0.1-3 \text{ мкм}$;

- структурный (зёренный уровень) с характерным размером $l_{str}=20\div200$ мкм;
- макроскопический, с характерным размером $l_{mac}>10 l_{str}$.

Описанное выше строение реального поликристалла моделируется с помощью трехмерной клеточной структуры (см. рис. 1). В общем случае возможны другие пространственные структуры и иное количество составляющих.

Нагруженный поликристалл характеризуется неоднородным напряженно-деформированным состоянием (НДС), которое рассчитывается на основе подхода самосогласованного поля.

На основе описанной выше модели деформирования поликристалла нами создан пакет прикладных программ. При создании пакета использован подход объектно-ориентированного программирования, где клетка клеточного автомата является объектом языка реализации программирования. В данной работе в качестве такого языка использовалась среда программирования Delphi под управлением операционной системы Windows-95, удобно сочетающая в себе объектно-ориентированный подход программирования и визуальность.

Применим разработанную модель для описания кривых упрочнения высокоазотистых аустенитных сталей. Для описания кривых напряжение-деформация и деформационного упрочнения металлических материалов часто используют различные математические модели. Последние позволяют описать пластическую часть кривой упрочнения посредством нескольких параметров, которые используют для анализа характера упрочнения и механизмов деформации. Наиболее часто, с целью исследования кривых напряжение - деформация различных металлов и сплавов приме-

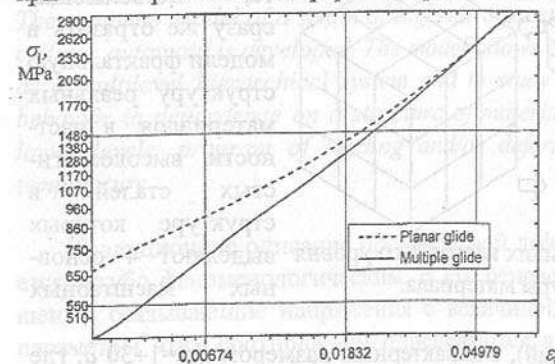


Рис. 2. Моделирование пластического течения высокоазотистой аустенитной стали.

няют модель Холломо-на [1]. Однако данная модель имеет ограничения при анализе упрочнения сплавов, которые проявляют различные механизмы деформации при растяжении, что обнаружено, например, для аустенитных нержавеющей сталей [2].

На рис. 2 представлена кривая упрочнения высокоазотистой стали,

рассчитанная с помощью клеточного автомата, где показано, что при малых деформациях эта кривая не может быть описана с помощью модели Холломо-на. Проведенные исследования показали, что отклонение экспериментальной кривой упрочнения от кривой, рассчитанной с помощью модели Холломо-на, генетически присуще материалам с ГЦК-структурой, обладающим низкой энергией дефектов упаковки. Необходимо отметить, что данное отклонение имеет место и для ГЦК-сплавов [3,4], которые не подвержены изменению фазового состава в течение деформации.

Таким образом, разработанная модель позволяет связать в единую систему результаты исследований, выполненных на различных масштабных уровнях, и реально подойти к решению задачи о прогнозировании свойств материала, подвергнутого пластической деформации.

Список литературы: 1. Hollomon J. // Trans. AIME, 1945. P. 268-290. 2. Sant S., Smith R. // J. of Mat. Sci., 1987. V. 22. P. 1808-1818. 3. Ludwigson D. // Met. Trans. 1971. V. 2. P. 2825-2828. 3. Варюхин В.Н., Эфрос Б.М., Лолладе Л.В., Заика Т.П.//ФТВД, 1996. Т.6. №2. С. 106-123.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ И ДИФфуЗИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ МНОВОВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИТА

Спусканюк В. З., Матросов Н. И., Дугадко А. Б., Павловская Е. А.
(ДонФТИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

The effect of the geometry factor and physical conditions of components on the processes of formation of the interface and the diffusion interaction of components of composites on the basis of copper reinforced by strengthening fibers have been investigated.

В современном машиностроении для изготовления ответственных элементов находят применение композиционные материалы, обладающие особыми физико-механическими и другими специальными свойствами. К таким материалам можно отнести композиты на основе цветных металлов, армированных волокнами малого сечения из сплавов тугоплавких металлов.

Получение композитов с высокой дисперсностью непрерывных волокон ограничивается недостаточной изученностью особенностей совместной пластической деформации компонентов и их диффузионного взаимодействия, формирования рельефа поверхности их раздела, обеспечения

прочности межкомпонентной связи, создания условий структурного улучшения, упрочнения и исключения разрыва армирующих волокон.

Одним из эффективных процессов обработки композиционных материалов является гидропрессование при комнатной температуре, позволяющее устранить осадку заготовки, снизить или полностью исключить образование хрупких интерметаллических соединений на границе раздела компонентов, характерных для горячего прессования, повысить равномерность деформации компонентов композита, получить высокодисперсный многоволоконистый продукт, сохранив целостность единичных волокон субмикронных сечений.

В работе в качестве исходных материалов использованы сплав ниобий + 50 % вес. титана и безкислородная медь. Объектами исследований служили биметаллическая и многоволоконистые конструкции круглого проволочного профиля с количеством волокон 211 , 211^2 и 211^3 с объемным содержанием армирующего компонента - сплава ниобия с титаном в пределах 10 - 80 % и диаметром армирующих стержней (волокон) в пределах от 0,05 мкм и выше.

Экспериментальные образцы получены по оригинальным технологическим методикам с использованием высоких гидростатических давлений на лабораторном оборудовании ДонФТИ НАНУ для гидростатической деформации сборок, прутков и проволоки с рабочим давлением 200 - 2000 МПа.

В работе решались задачи по изучению особенностей пластической деформации компонентов, исследованию влияния геометрического фактора и физического состояния компонентов на процесс формирования поверхности раздела при обработке жидкостью высокого давления, на процесс диффузионного взаимодействия, обеспечение прочности межкомпонентной связи и создание условий исключения разрыва армирующих волокон.

Геометрический фактор поверхности раздела биметалла является исключительно важным условием формирования правильной безобрывной структуры высокодисперсного волокнистого объекта, реализуемой при достижении высоких ($\sim 10^{12}$) значений вытяжек последующей деформации.

Для исследования поверхности раздела компонентов при гидропрессовании биметаллические заготовки готовились размещением в медной трубе стержня из сплава с различным физическим состоянием: литой, прессованный, прессованный и рекристаллизованный. Объемное содержание сплава составляло от 65 до 80 %, степень деформации 89 %, давление гидропрессования 1550 - 1700 МПа.

Анализируя поверхность раздела компонентов можно отметить, что геометрический фактор поверхности раздела сплава и меди заметно зависит от физического состояния сплава. Наиболее резко выраженный рельеф поверхности раздела с большой волнистостью и шероховатостью (350 - 700 мкм) характерен при прочих одинаковых условиях прессования для заготовок с литой структурой: размер ячейки ~ 35 мкм, микротвердость 1500 - 1650 МПа. Объемное содержание сплава в заготовке не оказывает столь существенного влияния на рельеф поверхности раздела. Умеренный сглаженный рельеф с низкой шероховатостью и волнистостью поверхности (25 - 50 мкм) характерен для заготовки с исходным прессованным состоянием сплава: средний размер ячеистой структуры $\sim 1,8$ мкм, микротвердость 1700 - 1800 МПа.

Геометрия поверхности раздела определяется также исходной шероховатостью сердечника, физическим состоянием оболочки. С ростом суммарной деформации, с уменьшением сечения армирующего сердечника величина этой шероховатости уменьшается. В случае применения в качестве матрицы более прочного материала, чем медь, например, медноникелевого сплава поверхность раздела формируется с более низкой шероховатостью.

Из приведенного следует, что формирование границы соприкосновения зависит от материала компонентов, качества их подготовки и технологии обработки.

Деформация с использованием жидкости высокого давления композитных заготовок приводит к образованию и развитию фактического контакта поверхностей компонентов, создает условия протекания процессов первой стадии соединения и обеспечения прочности межкомпонентной металлической связи, необходимой для дальнейшей совместной пластической обработки.

Вторым важным моментом при получении композита с волокнами субмикронного сечения является исследование процесса диффузионного взаимодействия компонентов на технологических стадиях от биметалла до многоволоконистой высокодисперсной конструкции (таблица).

Количество волокон, шт	Объемное содержание, %	Диаметр волокон, мкм	Толщина прослойки меди, мкм	Общая вытяжка	Отношение поверхности и волокон к их объему
биметалл	25-50	350-250	175-125	10^4	$\sim 1 \cdot 10^{-2}$
211	32,5-18,5	20-14,5	8,5-14,5	10^6	$\sim 2 \cdot 10^{-1}$
211^2	22,5-13,5	1,13-0,87	0,52-0,87	10^9	~ 4

211 ³	15,5-9,75	0,064-0,05	0,03-0,05	10 ¹²	~ 1 · 10 ²
------------------	-----------	------------	-----------	------------------	-----------------------

С уменьшением диаметра волокна до диаметра меньше 0,1 мкм существенно, на несколько порядков, увеличивается относительная величина поверхности, а, следовательно, вклад необъемной диффузии.

Исследования показали, что с повышением суммарной величины пластической деформации и дисперсности системы процессы диффузионного взаимодействия компонентов протекают активнее с понижением температурного интервала его начала. При диаметре волокон меньше 1 мкм температура нагрева выше 250 °С достаточна для протекания диффузионных процессов и образования слоя взаимодействия.

Определены критические условия процесса обработки композитов в диапазоне диаметров армирующих волокон 350 - 0,050 мкм и суммарных вытяжек до 10¹², построены инженерные диаграммы, позволяющие целенаправленно выбирать допустимые температурные воздействия с учетом достижения требуемого размера волокон, механических и электрофизических свойств композита.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ АИ-АД ПРИ ЧАСТОТНОМ УПРАВЛЕНИИ

Ставицкий В.Н. (ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

The scheme of autonomous inverter for asynchronous drive of mining locomotive is suggested. It's static characteristics are investigated by means of harmonic analysis.

Опыт эксплуатации шахтных электровозов свидетельствует о недостаточной эффективности применения двигателей постоянного тока, обусловленный их низкой надежностью, относительной сложностью, дефицитностью и низким ресурсом. С целью исключения указанных недостатков в приводе шахтного аккумуляторного электровоза может быть применен асинхронный двигатель при условии использования преобразователя частоты.

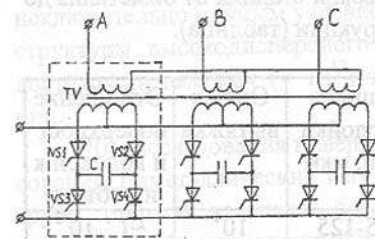


Рис.1. Схема автономного инвертора.

В предложенной схеме (рис.1) формирование трехфазного напряже-

ния осуществляется за счет трансформаторной связи между тремя однофазными автономными инверторами (ОАИ). Каждый из них преобразует постоянное напряжение источника питания в переменное, сдвинутое относительно двух других на ±120 эл. град.

Процессы в ОАИ определяются параметрами трансформатора TV, а также последовательностью и частотой переключения тиристоров. В общем случае полупериод напряжения в первичной обмотке TV складывается из рабочего, коммутационного интервалов и бестоковой паузы. Напряжение во вторичной цепи определяется характером первичного тока, характеристиками магнитопровода и задаваемой частотой:

$$u_2 = \begin{cases} U_0 e^{-\frac{wt}{T}}, 0 \leq wt < \beta \\ 0, \beta \leq wt < \pi \\ -U_0 e^{-\frac{wt-\pi}{T}}, \pi \leq wt < \pi + \beta \\ 0, \pi + \beta \leq wt < 2\pi \end{cases} \quad (1)$$

где U_0 - значение напряжения в начале полуволны, В;

β - длительность полуволны, рад;

$T = w\tau$ - постоянная времени

Общее представление о статических характеристиках системы АИ-АД дает гармонический анализ выходного напряжения (в данном случае влияние ЭДС вращения не учитывается, что справедливо для АД с заторможенным ротором):

$$u_2 = U_m \sum_{i=1}^{\infty} a_i \sin(iwt + \varphi_i) \quad (2)$$

$$a_i = \frac{\frac{\beta}{T} (e^{\frac{\beta}{T}} + 1)^2 - 2e^{\frac{\beta}{T}} (1 + \cos i\beta)}{1 + \frac{1}{i^2 T^2}} \quad (3)$$

$$\varphi_i = \arctg \frac{1 - e^{-\frac{\beta}{T}} (\cos i\beta + \frac{1}{i\beta} \sin i\beta)}{e^{-\frac{\beta}{T}} (\sin i\beta - \frac{1}{iT} \cos i\beta) + \frac{1}{iT}} \quad (4)$$

где a_i - относительная амплитуда напряжения i -ой гармоники;

φ_i - угол фазового сдвига i -ой гармоники.

В частности, для полуволны с частотой $f=10$ Гц установлено:

$$u_2 = U_m (0.34 \sin(wt + 58.1^\circ) + 0.19 \sin(3wt + 28.7^\circ) + 0.12 \sin(5wt + 18.8^\circ) +$$

$$+0.09\sin(7\omega t+14.4^\circ)+0.07\sin(9\omega t+12.1^\circ)+0.06\sin(11\omega t+10.7^\circ)+\dots)$$

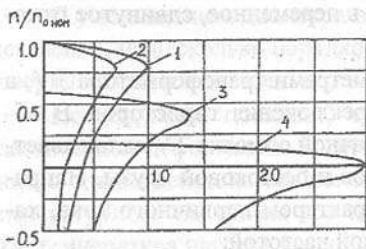


Рис.2. Семейство механических характеристик АД. Каждая из гармонических составляющих определяет соответствующую составляющую электромагнитного момента и скольжения АД (рис.2). Сравнение результатов 2...4 и естественной 1 механических характеристик показывает, что при частотном питании АД от АИ синхронная частота вращения ротора соответствует частоте первой гармоники. При этом пусковой момент АД может быть значительно повышен в сравнении с номинальным.

При моделировании системы АИ-АД с использованием результатов гармонического анализа получена и подтверждена исследованиями зависимость максимального момента двигателя от длительности полуволны и частоты выходного напряжения (рис.3):

$$M_{\max} = \frac{K}{\omega^2} \frac{\left(e^{\frac{\beta}{T}} + 1\right)^2 - 2e^{\frac{\beta}{T}}(1 + \cos \beta)}{1 + \frac{1}{T^2}} \quad (5)$$

где K - постоянная.

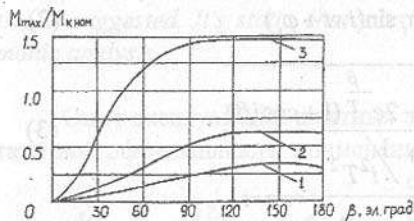


Рис.3. График зависимости $M_{\max} = \psi(\beta, f)$.

Соотношение $M_{\max} = \psi(\beta, f)$ позволяет определить для каждой частоты наиболее эффективный диапазон регулирования выходного напряжения с целью получения оптимальных значений момента на валу АД и КПД системы (кривые 1...3).

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ(САОП) - ОДНО ИЗ СРЕДСТВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ СТРУГОВОЙ ВЫЕМКИ УГЛЯ

Староверов К.С. (ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

It's necessary to monitor the form of face on planing coal extracting. Existing monitoring means are regarded. The necessity of face alignment monitoring system is substantiated.

В процессе отработки угольных пластов струговыми установками, искривляется линия забоя в плоскости пласта. Искривление забоя происходит в результате разной толщины снимаемой стружки угля из-за разной крепости угля, разного прижатия струга к забою по длине лавы и по другим причинам, что в конечном итоге приводит к повышению аварийности установки. Наиболее опасным следует считать одностороннее искривление забоя, так как в этом случае одна из ветвей конвейерной цепи постоянно натянута, а вторая, накопив достаточную слабину, проскальзывает на звездочке, что приводит к перекоосу скребков и цепей, а это, в свою очередь, ведет к выпаданию их из нижних направляющих конвейера. Кроме того, чрезмерное искривление забоя приводит к порывам болтов на стыках решеток конвейера, выходу цепи струга за борт конвейера, срывам направляющих труб и др. При изгибах конвейера, происходит перераспределение усилий во внешней и внутренней ветвях конвейера и, как следствие, интенсивный износ тяговых цепей и приводных звезд. Вогнутая линия забоя оказывает влияние на работу системы подачи, так как существенная доля ее усилий затрачивается на преодоление отжимающих сил в цепях струга и конвейера. Особую опасность представляет искривление забоя, при отработке выбросоопасных пластов. В этом случае искривленная линия забоя может стать причиной развязывания внезапного выброса [1], [2].

Для обеспечения прямолинейности линии забоя на практике организуют специальные мероприятия, как правило, по следующей схеме:

Подготовка информации о положении линии забоя → Планирование работ по обеспечению прямолинейности линии забоя → Выполнение этих работ

Наибольшую для практической реализации сложность представляют собой способы подготовки информации о положении линии забоя. Распространение получили следующие способы:

1. Организация периодических маркшейдерских съемок положения забоя в плоскости пласта. Данный способ отличается высокой точностью подготавливаемой информации, однако, требует значительных затрат времени на организацию измерений.

2. Визуальные способы контроля (например, визуальный контроль стрелы изгиба относительно натянутого вдоль лавы каната). Данные способы не обеспечивают заданной точности при выполнении работ по обеспечению прямолинейности.

В целом организация мероприятий по обеспечению прямолинейности линии забоя ведет к значительным потерям рабочего времени, что в конечном итоге снижает производительность струговой установки.

Таким образом, создание системы, позволяющей автоматизировать описанные выше операции по обеспечению прямолинейности, является актуальной научной задачей. Такие системы получили название систем автоматического обеспечения прямолинейности (САОП) и подразделяются на три класса: системы автоматического поддержания прямолинейности (САПП), системы автоматического выравнивания (САВ) и системы порционированной подачи базы с автоматическим выравниванием (САПВ) [3]. Независимо от выбранного класса систем, для их реализации требуется обоснование выбора способов контроля положения линии забоя и обеспечения прямолинейности. Проведенные патентные исследования [4] показали, что все способы контроля положения линии забоя основаны на измерении искривления базы (забойного конвейера) в плоскости пласта. Это связано с тем, что при струговой технологии выемки забойный конвейер повторяет форму линии забоя [5].

Важным этапом создания САОП является создание алгоритма выработки стратегии выравнивания линии забоя по накопленным рассогласованиям фактической линии забоя с заданной. При этом функционирование системы должно быть устойчиво к внешним возмущающим воздействиям. В качестве последних могут выступать:

1. Твердые включения в угольный пласт.
2. Утечки в гидросистеме передвижки забойного конвейера.
3. Отказ гидродомкратов передвижки и др.

Отсюда следует, что система должна быть адаптивной по отношению к внешним возмущающим воздействиям.

Выводы: - разработка САОП линии забоя в плоскости пласта является актуальной научной задачей; - применение такой системы позволит:

1. Продлить ресурсы и повысить производительность струговой установки.

2. Снизить удельный расход электроэнергии, вследствие снижения сил трения, вызванных искривлением решетчатого става.

3. Исключить затраты времени на визуальное определение степени искривления линии забоя.

4. Повысить безопасность работ при отработке выбросоопасных пластов.

Список литературы: 1. Фабричный Н.Н. Струговым лавам - надежная маркшейдерская съемка // Безопасность труда в промышленности. - 1984. - №11. - С. 57. 2. Пономаренко В. В. Струговая выемка - перспективное направление по преодолению энергетического кризиса на Украине // Уголь Украины. - 1997. - №1. - С. 20. 3. Щербина А. А. Исследование и оптимизация параметров систем автоматического обеспечения прямолинейности струговых агрегатов: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.07 / ИГД им. А. А. Скочинского - М., 1983. - 13 с. 4. Бреславский Г. М., Бабенко Н. М. Системы поддержания и контроля прямолинейности баз угледобывающих комплексов и агрегатов. - М.: ЦНИЭИ Уголь, 1977. - 36 с. 5. Карабанов М. Г., Селиверстов В. А. К вопросу контроля искривления конвейерного става струговой установки // Струговая техника и технология выемки тонких пластов: Сб. науч. тр. ШахтНИУИ им. А. М. Терпигорева. - М.: Изд-во ИГД им. А. А. Скочинского, 1984. - С. 100-107.

ФАКТОРИ МАРКЕТИНГУ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПРОДУКЦІЇ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Стернюк О.Б. (ДУ "ЛП", м. Львів, Україна)

The problem of providing for a competitiveness of the products of machine-building enterprises is vitally important on the way of our society to the conditions of market economy. The main factors of marketing that provide the competitiveness are presented in the paper.

Утвердження в нашій державі економічної системи, що базується на засадах ринкової економіки вимагає реалізації її основних принципів, серед яких особливе місце займає принцип створення внутрішнього конкурентного середовища на вітчизняному ринку продукції промислових підприємств та вихід на зовнішні ринки.

В цих умовах великого значення набуває проблема забезпечення конкурентоспроможності продукції на ринку як важливий чинник

1. Организация периодических маркшейдерских съемок положения забоя в плоскости пласта. Данный способ отличается высокой точностью подготавливаемой информации, однако, требует значительных затрат времени на организацию измерений.

2. Визуальные способы контроля (например, визуальный контроль стрелы изгиба относительно натянутого вдоль лавы каната). Данные способы не обеспечивают заданной точности при выполнении работ по обеспечению прямолинейности.

В целом организация мероприятий по обеспечению прямолинейности линии забоя ведет к значительным потерям рабочего времени, что в конечном итоге снижает производительность струговой установки.

Таким образом, создание системы, позволяющей автоматизировать описанные выше операции по обеспечению прямолинейности, является актуальной научной задачей. Такие системы получили название систем автоматического обеспечения прямолинейности (САОП) и подразделяются на три класса: системы автоматического поддержания прямолинейности (САПП), системы автоматического выравнивания (САВ) и системы порционированной подачи базы с автоматическим выравниванием (САПВ) [3]. Независимо от выбранного класса систем, для их реализации требуется обоснование выбора способов контроля положения линии забоя и обеспечения прямолинейности. Проведенные патентные исследования [4] показали, что все способы контроля положения линии забоя основаны на измерении искривления базы (забойного конвейера) в плоскости пласта. Это связано с тем, что при струговой технологии выемки забойный конвейер повторяет форму линии забоя [5].

Важным этапом создания САОП является создание алгоритма выработки стратегии выравнивания линии забоя по накопленным рассогласованиям фактической линии забоя с заданной. При этом функционирование системы должно быть устойчиво к внешним возмущающим воздействиям. В качестве последних могут выступать:

1. Твердые включения в угольный пласт.
2. Утечки в гидросистеме передвижки забойного конвейера.
3. Отказ гидродомкратов передвижки и др.

Отсюда следует, что система должна быть адаптивной по отношению к внешним возмущающим воздействиям.

Выводы: - разработка САОП линии забоя в плоскости пласта является актуальной научной задачей;
- применение такой системы позволит:

1. Продлить ресурсы и повысить производительность струговой установки.

2. Снизить удельный расход электроэнергии, вследствие снижения сил трения, вызванных искривлением решетчатого става.

3. Исключить затраты времени на визуальное определение степени искривления линии забоя.

4. Повысить безопасность работ при отработке выбросоопасных пластов.

Список литературы: 1. Фабричный Н.Н. Струговым лавам - надежная маркшейдерская съемка // Безопасность труда в промышленности. - 1984. - №11. - С. 57. 2. Пономаренко В. В. Струговая выемка - перспективное направление по преодолению энергетического кризиса на Украине // Уголь Украины. - 1997. - №1. - С. 20. 3. Щербина А. А. Исследование и оптимизация параметров систем автоматического обеспечения прямолинейности струговых агрегатов: Автореф. дис... канд. техн. наук : 05.13.07 / ИГД им. А. А. Скочинского - М., 1983. - 13 с. 4. Бреславский Г. М., Бабенко Н. М. Системы поддержания и контроля прямолинейности баз угледобывающих комплексов и агрегатов. - М.: ЦНИЭИ Уголь, 1977. - 36 с. 5. Карабанов М. Г., Селиверстов В. А. К вопросу контроля искривления конвейерного става струговой установки // Струговая техника и технология выемки тонких пластов: Сб. науч. тр. ШахтНИУИ им. А. М. Терпигорева. - М.: Изд-во ИГД им. А. А. Скочинского, 1984. - С. 100-107.

ФАКТОРИ МАРКЕТИНГУ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПРОДУКЦІЇ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Стернюк О.Б. (ДУ "ЛП", м. Львів, Україна)

The problem of providing for a competitiveness of the products of machine-building enterprises is vitally important on the way of our society to the conditions of market economy. The main factors of marketing that provide the competitiveness are presented in the paper.

Утвердження в нашій державі економічної системи, що базується на засадах ринкової економіки вимагає реалізації її основних принципів, серед яких особливе місце займає принцип створення внутрішнього конкурентного середовища на вітчизняному ринку продукції промислових підприємств та вихід на зовнішні ринки.

В цих умовах великого значення набуває проблема забезпечення конкурентоспроможності продукції на ринку як важливий чинник

успішної діяльності підприємства. Фактори, які визначають конкурентоспроможність продукції, поділяються на технічні і економічні. Серед економічних факторів важливе місце займають фактори маркетингу, які утворюють цілісну концепцію системи розробки, виробництва та реалізації продукції.

Однією з проблем використання маркетингової концепції для забезпечення конкурентоспроможності продукції вітчизняного виробництва є недостатнє розуміння важливості її використання як діяльності, що забезпечує ефективне функціонування підприємства (отримання прибутку). Причиною є існування в промисловому середовищі менталітету, властивого економіці виробництва, де в першу чергу переслідуються технічні, а потім фінансові цілі, маркетингові завдання зводяться до збуту готової продукції без урахування реалій ринкового середовища.

Ринок продукції підприємств машинобудівного комплексу характеризується певними особливостями, зумовленими специфікою самої продукції, характером її споживання та категорією споживачів:

1. Ємність даного ринку обмежується цільовим призначенням продукції.
2. Для конкурентного середовища характерний високий рівень монополізму підприємств-виробників продукції, що зумовлено потребою значних капіталовкладень для організації виробництва.
3. Основними споживачами продукції є підприємства-виробники, державні та посередницькі організації, які характеризуються різною поведінкою, вимогами і мотивами при здійсненні покупки.
4. Для попиту на дану продукцію властиві ознаки, зумовлені його залежністю від попиту на продукцію кінцевих споживачів.

Ці та інші особливості ринкового середовища продукції машинобудівних підприємств зумовлюють використання комплексу маркетингових факторів, що забезпечують конкурентоспроможність даного виду продукції. До основних факторів маркетингу належить реалізація товарної, цінової політики підприємства, а також політики товароруку і товаропросування.

Товарна політика підприємства є сновним елементом маркетингу і від її успішного проведення залежить ефективність цілого комплексу маркетингових заходів для забезпечення конкурентоспроможності продукції машинобудівних підприємств.

В процесі створення і впровадження у виробництво нових конструкторських і технологічних розробок необхідним є здійснення техніко-економічного аналізу, що дозволить уникнути прийняття неефективних рішень у даній сфері. Одним із найпоширеніших методів такого аналізу є функціонально-вартісний (ФВА). ФВА - це метод системного дослідження

функцій виробу, спрямований на підвищення ефективності використання матеріальних і трудових ресурсів у сфері проектування, виробництва та експлуатації при певному (заданому) рівні якості виробу. ФВА дозволяє забезпечити конкурентоспроможність продукції шляхом досягнення оптимального рівня собівартості розробки і виготовлення виробу, зниження експлуатаційних та транспортних витрат, ефективного використання ресурсів підприємства.

При реалізації товарної політики на підприємствах машинобудівного комплексу потрібно враховувати можливість багаторазової модернізації даної продукції, що дозволяє підвищити ефективність у сфері товарної політики. Крім того, вплив таких факторів як розвиток новітніх технологій, зміни у потребах споживачів, загострення конкурентної боротьби зумовлює застосування різноманітних підходів товарної стратегії, що ґрунтуються на принципах управління товарним асортиментом.

Другим елементом маркетингових факторів є цінова політика підприємства. В умовах високого рівня монополізму виробників продукції машинобудування фактор ціни набуває вирішального значення при забезпеченні конкурентоспроможності продукції, що призводить до підвищеної уваги, а нерідко і впливу з боку законодавства і державних органів. Процес прийняття рішень у сфері ціноутворення складається із послідовності етапів, що дозволяють оптимізувати прийняте цінове рішення враховуючи залежність від умов конкурентного середовища. Аналіз факторів, які впливають на визначення ціни (затрати на виробництво продукції та її реалізацію, цілі підприємства, етап життєвого циклу продукції, характер попиту на продукцію) дозволяє розробити оптимальну цінову стратегію і вибрати відповідний метод ціноутворення. Коригування ціни відбувається з урахуванням особливостей поточної ринкової ситуації, оскільки остаточне формування ціни на продукцію машинобудівних підприємств часто здійснюється на конкурентних торгах чи переговорах під впливом таких змінних факторів, як обсяги закупівель, умови кредитування тощо.

Для продукції машинобудівних підприємств характерна значна технічна складність, що вимагає їх відповідного кваліфікованого сервісного обслуговування. Тому для організації політики товароруку як маркетингового фактору забезпечення конкурентоспроможності продукції машинобудівних підприємств характерним є використання переважно прямих каналів розподілу із високим рівнем кваліфікації їх учасників, як у технічній, так і у комерційній сфері, а також організація висококваліфікованого сервісного обслуговування продукції.

Вибір оптимального каналу товароруку (організація власної збутової мережі, використання посередників чи змішаних каналів розподілу) залежить як від фінансових можливостей, так і від характеристик самої про-

дукції. Успішне рішення у цій сфері підвищує конкурентоспроможність продукції, забезпечуючи оптимальний шлях товару від виробника до споживача. Маркетингові фактори товаропросування утворюють систему заходів, які здатні підвищити конкурентоспроможність продукції шляхом використання інформації про продукцію для підвищення ефективності збуту.

Найефективнішим засобом системи товаропросування для продукції машинобудівних підприємств є використання персонального продажу, ефективність якого залежить від професіоналізму власного збутового персоналу і посередників. Рекламу, як фактор забезпечення конкурентоспроможності продукції даної галузі, відіграє роль допоміжної інформації. Для таких цілей переважно використовуються друковані спеціалізовані видання, каталоги, в яких представлені техніко-економічні характеристики продукції. Паблік рілейшнз (зв'язки з громадськістю) забезпечує формування, та підтримку іміджу виробника через роботу із засобами масової інформації, створення лоббі в уряді, благодійницьку і спонсорську діяльність. До елементів системи товаропросування належать також заходи з формування попиту на дану продукцію, що полягають у проведенні ярмарок, конференцій, виставок, семінарів, презентацій, а також заходи з стимулювання власного збутового персоналу, споживачів та посередників.

Ефективне використання розглянутих вище факторів маркетингової діяльності сприяє забезпеченню конкурентоспроможності продукції підприємств машинобудівної галузі, як на вітчизняному ринку, так і на зовнішніх ринках, де вплив даних факторів значно зростає в умовах гострої конкурентної боротьби.

ПРОФИЛИРОВАНИЕ КРУГЛЫХ МНОГОНИТОЧНЫХ РЕЗЬБОВЫХ РЕЗЦОВ

Стешков А.Е., Добровольский Г.И. (БГТУ, г. Брянск, Россия)

In work the question of creation of a structure of round cutters of exact internal grooves, used for reception, on turning machine tools with a control system CNC are considered.

Многониточный круглый резьбовой резец [1] предназначен для нарезания точных внутренних резьб на токарных станках с ЧПУ, имеет 5-7 кольцевых ниток на заборном конусе и 1-2 калибрующих. Ось резца устанавливается выше оси гайки на величину $H = 0,5 d_a \sin \alpha_a$, где d_a - наружный диаметр резца, $\alpha_a = 7^\circ$ - задний угол на вершине лезвия. Резцы имеют

положительный передний угол γ_a , равный при обработке стали $10-15^\circ$. Наличие больших углов γ_a и α_a требуют коррекции профиля резца, заключающейся в пересчете высоты профиля кольцевых ниток резца h_0 , профильных углов левой $\alpha_{0/2}(L)$ и правой $\alpha_{0/2}(R)$ сторон (рис. 1). Размеры профиля по ширине (a, a_p) переносятся на резьбу без изменений. Высота профиля h_0 рассчитывается также, как и у обычных фасонных круглых резцов [2]. Профильные углы можно определить по формуле:

$$\alpha_{0/2}(L, R) = \arctg \frac{0.5(a + a_p) \pm \Delta P_b}{h_0}; \quad (1)$$

где a - ширина основания профиля нарезаемой резьбы;

$a_p = 0.125P - (D_m - D) \lg \alpha_{0/2}$ - ширина площадки по впадине резьбы,

$\Delta P = \frac{h_b P}{\pi D_0}$ - смещение профиля по шагу P при перемещении точки контакта лезвия от вершины резца А до точки В, лежащей на внутреннем диаметре формируемой резьбы, который в данном случае равен диаметру отверстия под резьбу D_0 ;

D и D_m - номинальный и фактический наружные диаметры резьбового отверстия;

h_b - определяется геометрически из рассмотрения треугольников на рис. 1.

Очевидно, что для правой нарезаемой резьбы, знак плюс относится к левой стороне профиля резца (L), минус - к правой (R). Известно [2], что фасонные круглые резцы дают значительную погрешность при обработке конуса в виде вогнутости, однако при внутренней обработке эта погрешность будет минимальной, так как она определяется как разность непрямолинейности профиля детали Δ_2 и резца Δ_1 (рис. 2а) в сечении передней плоскостью.

Величину погрешности

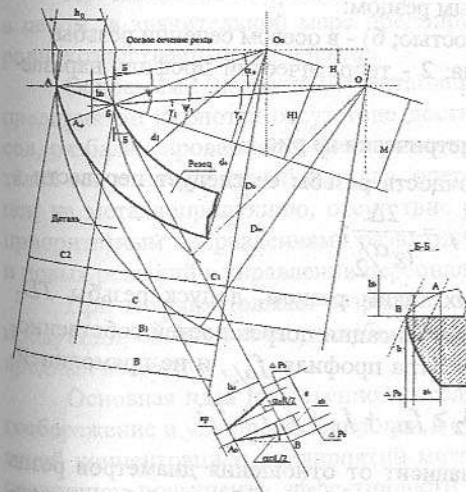


Рис.1. Профилерование круглых резьбовых резцов для обработки правой внутренней резьбы.

можно определить аналитическим расчетом или графическим построением. Так как данными резцами нарезаются резьбы с шагом до 2,5 мм, имеющие сравнительно небольшой угол подъема, то в расчетах резьба Δ будет иметь вид:

$$\Delta = M \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \sqrt{1 + \frac{(C - C_2 \frac{D_m - D_2}{D_m - D_0})^2}{M^2}} - H_1 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \sqrt{1 + \frac{(B - C_2 \frac{D_m - D_2}{D_m - D_0})^2}{H_1^2}} - \frac{D_m}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \frac{d_p}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad (2)$$

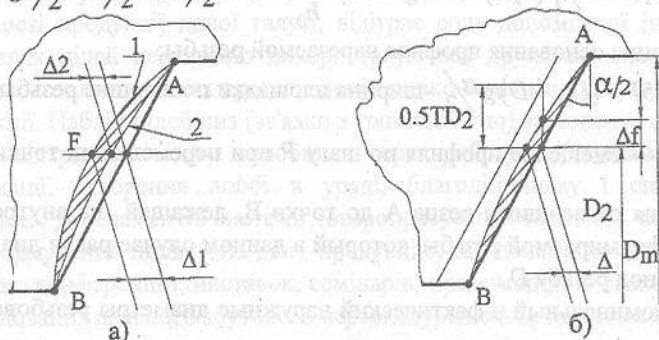


Рис. 2. Непрямолинейность образующих профиля при обработке внутренних резьб круглым резьбовым резцом:

а) - в сечении передней поверхностью; б) - в осевом сечении резьбы; 1 - профиль режущей кромки резца; 2 - теоретический профиль нарезаемой резьбы.

где M, C, C_2, H_1 - определяются геометрически из рис. 1.

Для оценки влияния Δ на точность резьбы ее следует перевести в диаметральную компенсацию. $\Delta_f = \frac{2\Delta}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}};$

Тогда, для резьб, нарезанных таким резцом, допуск резьбы TD_2 должен включать диаметральные компенсации погрешностей собственно среднего диаметра f_{D_2} , шага f_p , угла профиля $f_{\alpha/2}$, и не прямолинейности боковой стороны f_{Δ} , т.е. $TD_2 \geq f_{D_2} + f_p + f_{\alpha/2} + f_{\Delta};$

Очевидно, что величина Δ зависит от отношения диаметров резца d_p и детали D_m : чем больше D_m и меньше d_p , тем большей будет величина Δ . При нарезании резьб больших диаметров нецелесообразно соблюдать условие: $d_p = 0.75D_0$; так как это может приводить к чрезмерному

увеличению диаметра резца, кроме этого, резьбу одного и того же шага на разных диаметрах желательно нарезать одним резцом. Тогда, зная ограничение величины f_{Δ} , можно определить диаметры резьб, нарезаемых резцом диаметра d_p .

Список литературы: 1. Стешків А.Е., Хандожко А.Е., Добровольский Г.И. Нарезание точных внутренних резьб на токарных станках с ЧПУ. - Тез. док. на междунар. науч. техн. конф. «Проблемы повышения качества машин» Брянск, 1994-с.154. 2. Сахаров Г.Н. и др. Металлорежущие инструменты. - М.: Машиностроение, 1989, -328 с.

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ЭНЕРГО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ

Стрелец А.И., Манеров И.Г. (ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

Analysis of an economy-ecological position on metallurgical enterprises was conducted and motivated necessity of studying a level and frequently of consumption of fuel-energy resources.

Противоречивые процессы, происходящие в управлении экономикой в целом, в значительной мере предопределяют развитие важнейших народнохозяйственных комплексов.

Основными причинами дестабилизации работы металлургических предприятий являются отсутствие достаточного количества энергоресурсов, разбалансированность финансово-кредитной системы как производителей так и потребителей металла, опережающий рост затрат над ростом цен на металлопродукцию, отсутствие реальных инновационных мер по приоритетным направлениям развития, недостаточность мотивационных и новых решений в управлении персоналом.

При этом продолжает возрастать материалоемкость и энергоёмкость продукции, снижается ее рентабельность, повышается удельные выбросы вредных веществ.

Основная идея проведенного исследования состоит в том, что энергосбережение и улучшение экологии в старопромышленных районах с высокой концентрацией предприятий металлургического профиля являются следствием повышения эффективности энергоиспользования в металлургических производствах.

Показателем оценки применения топливных и энергетических ресурсов может быть полная энергоёмкость единицы продукции, которая

представляет собой сумму затрат фактически использованной тепловой энергии как в собственно основной металлургический передел, так и на всех предшествующих этому переделу этапах получения материалов, используемых на производство соответствующих видов продукции (чугун, сталь, прокат).

Используя имеющуюся технико-экономическую информацию можно с известным приближением выполнить расчеты полной энергоемкости выкладки 1 т чугуна на предприятиях Украины и наиболее развитых промышленных стран. Анализ полученных результатов показывает, что полная энергоемкость чугуна в Украине выше в сравнении с Японией на 35%, США - 15%, ФРГ - 20%. Это связано как со значительно большим расходом топлива непосредственно в доменные печи, так и превышением затрат на добычу и подготовку железной руды, производство агломерата, окатышей и др.

В затратах тепла на выплавку чугуна кокс составляет более 70 %, поэтому эту составляющую необходимо рассматривать как самую главную, предопределяющую как уровень и динамику энергоемкости металлопродукции так и экологически вредных выбросов.

Обоснована необходимость изучения уровня и динамики расхода топливно-энергетических ресурсов в условиях металлургического производства во взаимосвязи с выбросами вредных веществ. При доведении окружающей среды в районах концентрации металлургических предприятий до критического состояния такой методологический подход представляется наиболее перспективным. При этом открывается возможность учесть то принципиально важное обстоятельство, что процессы, функционирующие на основе потребления огромного количества энергии, оказывают преобладающее воздействие на выбросы вредных веществ, особенно с учетом агрессивности последних.

Установлено, что основной причиной ухудшения относительных характеристик экологической обстановки является повышение энергоемкости производства, прежде всего, в результате повышения расходных коэффициентов сырья, топлива, энергоресурсов. Не уменьшается количество отходов на единицу продукции. Удельные потери сырья при добыче и на всех стадиях переработки практически не сокращаются. Газоочистные сооружения во многих случаях не работают.

Отмеченное остро ставит задачу проведения аттестации технологических процессов и производств по критериям их энергоемкости и экологичности. В качестве критериев при аттестации могут служить прогрессивные показатели народно - хозяйственной энергоемкости металлопродукции, а также уровня выбросов вредных веществ в соответствии с уста-

новленными требованиями. Этот процесс можно ускорить, если указанные показатели сделать приоритетными при формировании структурной, технической и инвестиционной политики. Целесообразно обеспечить энерго-экологическую экспертизу всех технических проектов, организовать на предприятиях объективный учет валовых выбросов по действующим объектам, в том числе с учетом агрессивности, обеспечить контроль за работой газоочистных сооружений, внедрить обоснованные экономические санкции за превышение установленных норм выбросов вредных веществ.

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОДУКЦИИ И ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ УКРАИНЫ

Стрелец А.И., Манеров И.Г. (ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

Considered actual problems of powersavings and installed intercoupling of the specific surge factors and powerconsumption of the product in metallurgical enterprises.

Основными причинами высокой энергоемкости чугуна и выбросов вредных веществ являются нестабильная работа взаимосвязанных металлургических переделов и производств, низкое качество потребляемых сырьевых и топливно-энергетических ресурсов, нарушения режимов интенсификации технологий, недостаточная их замкнутость по отношению к окружающей среде, ослабление внимания к отрасли со стороны государственных органов, низкий уровень управления на местах (отсутствие должного учета, контроля, мотивации, перспектив, и др.).

Проведение межзаводского анализа энергоемкости чугуна позволило определить величину резервов ее снижения по составляющим. С учетом технических и организационно-экономических возможностей достижения на каждом предприятии лучших параметров работы, определяется конкретная сумма резервов по каждому фактору. В целом по предприятиям Украины она составляет 65 кг у.т. на 1 т чугуна (базовым для расчета взят период нормальной работы - 1990 год.).

Наибольшие резервы снижения удельной энергоемкости чугуна связаны с улучшением подготовки железорудных материалов к доменной плавке - 43,9% (28,5 кг у.т.) совершенствованием технологии и дутьевого режима - 39,9% (25,9 кг у.т.) улучшением организации производства и управления - 16,2% (10,6 кг у.т.).

Сопоставление динамики уровней энергоемкости чугуна и выбросов вредных веществ на 1т агломерата и чугуна показывает, что вредных выбросов тесным образом связан с количеством и качеством потребляемых топливно-энергетических ресурсов, интенсификацией технологий, степенью их замкнутости по отношению к окружающей среде.

По разработанной методике впервые предпринята попытка рассчитать интегральный показатель удельных выбросов вредных веществ от добычи железорудного сырья и топлива до собственно доменного передела и обслуживающих последнего производств внутри металлургических предприятий. Для расчета использованы результаты исследований о пылегазовых выбросах предприятий черной металлургии.

На металлургических предприятиях с полным циклом более 50% выбросов в атмосферу пыли, оксидов углерода, азота и серы приходится на долю агломерационных машин. Вредные выбросы на аглофабриках включают выбросы технологического происхождения, образующиеся в процессе спекания шихты, охлаждения агломерата и возврата, и неорганизованные выбросы, образующиеся в процессе дробления и перегрузок шихтовых материалов и агломерата. Выбросы пыли с агломерационными газами находятся в пределах 5-20 кг/т агломерата. В целом валовые выбросы вредных веществ в среднем по предприятиям в расчете на 1т агломерата составляют 35,3 кг, в том числе пыль - 2,9 кг, CO - 27,9 кг, SO₂ - 3,90 кг, NO_x - 0,6 кг. Удельные выбросы вредных веществ по отдельным аглофабрикам отличаются на 30-50% и более. Запыленность агломерационных газов растет с увеличением доли концентрата в шихте и уменьшается с ростом удельной производительности агломашин. Выбросы вредных веществ в расчете на 1т окатышей приняты на уровне 29,3 кг. Средние удельные выбросы вредных веществ на 1т кокса составляют 9,0 кг. Основное количество вредных веществ выделяется из коксового цеха.

Доменные цехи загрязняют атмосферу главным образом пылью и оксидом углерода, значительное количество пыли выделяется при складировании, усреднении и транспортировке шихтовых материалов. Особо пылящими материалами являются агломерат и окатыши. Удельный выброс пыли на одну тонну чугуна ориентировочно принимается равным на рудном дворе 50 кг, бункерной эстакаде 22кг при высоте выделений 6-15 м. Удельные выбросы пыли в подбункерном помещении, оборудованном вагоном - весами, составляют в среднем 2,5 - 3,5 кг/т чугуна, а при подаче шихтовых материалов транспортерами удельные выбросы пыли снижаются до 0,2 кг/т чугуна. Из межконусного пространства печей выбрасывается до 4 кг пыли на 1 т чугуна.

В производстве извести для нужд аглодоменного комплекса удельные выбросы вредных веществ составляют 15,9 кг/т извести.

На объекты общезаводского хозяйства приходится 9,6% от общих выбросов металлургических предприятий. Принимается, что 49% от этих выбросов приходится на аглофабрики и 21% - на доменные цехи.

На основе приведенных выше данных рассчитан интегральный показатель выбросов вредных веществ на 1т передельного чугуна за 1990 и 1996 гг.

Удельные выбросы вредных веществ в расчете на 1т чугуна, кг.

	1990 г.	1996 г.
Производство подготовленного сырья	37,6	39,9
Производство чугуна	8,1	8,8
Производство кокса	4,7	4,8
Производство извести	4,1	3,6
Общезаводское хозяйство	4,3	4,9
ВСЕГО :	58,8	62,0

Обработка полученных данных о количестве вредных веществ (Ув.в, кг/т) в зависимости от величины от полной энергоемкости 1т чугуна (Э, кг.у.т.) позволила установить следующую закономерность:

$$Ув.в = 0,1399 * Э - 48,57$$

Таким образом при увеличении полной энергоемкости 1т чугуна на 10 кг у.т. выход вредных веществ возрастает на 1,4 кг/т или на 2,3%.

Масса выбросов вредных веществ за последние годы сократилась в результате уменьшения объема производства. Однако удельная их величина возросла в корреляционном соотношении с ростом энергоемкости.

Анализ величины выбросов в расчете на 100ед. использованного условного топлива по отдельным предприятиям показал большие различия этого показателя, что наряду с неодинаковыми структурой, уровнем техники и технологии, объясняется недостатками учета вредных выбросов, а также различной организацией и эффективностью их очистки.

О НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ

Стрельников В.Д. (ИПММС НАНУ, г. Киев, Украина)

The work reviews of the reliability research problems and analyses of causes of non adequate solution of reliability today. The work examines probabilistically-physical methods, as new technology the reliability research, which can solve these problems of reliability more effectively.

Существующие методы исследования надежности машин и аппаратуры как у нас в стране, так и за рубежом, все более не удовлетворяют требованиям практики и уровню технологии производства. В обзорах о состоянии технологии исследования надежности за последние годы [1] все чаще и чаще звучит разочарование существующей технологией исследования надежности, поскольку слишком часто и намного расходятся прогнозные оценки и реальные значения показателей надежности. Все больше фирм и компаний отказываются от ведомств надежности.

Ниже автор попытается вскрыть причины неэффективности распространенной технологии исследования надежности и обратить внимание на вероятностно-физические методы исследования надежности, которые позволяют решать все основные задачи надежности на качественно новом уровне по сравнению с традиционными методами и по сути представляют новую технологию исследования надежности.

При решении практически всех задач надежности используют определенные теоретические модели надежности (функции распределения наработки до отказа), которые в конечном итоге определяют точность получаемых оценок. При этом методические погрешности, обусловленные теоретической моделью, могут иметь весьма большие значения. Арсенал используемых на практике теоретических моделей надежности невелик. Наиболее распространенным является однопараметрическое экспоненциальное распределение. Из двухпараметрических моделей чаще используются распределение Вейбулла и логарифмически нормальное и в меньшей мере - нормальное, гамма- и альфа- распределения. Общепринято применять экспоненциальное распределение для решения задач надежности электронных изделий и систем, а указанные двухпараметрические модели - для механических объектов. Следует обратить внимание на то, что все расчеты, а также оптимизационные задачи надежности, как правило, решаются на основе использования однопараметрического экспоненциального распределения, поскольку использование вышеупомянутых более адекватных двухпараметрических моделей для получения точных решений встречает непреодолимые трудности математического характера. В связи с этим исследователи вынуждены применять экспоненциальное распределение для решения задач надежности и механических объектов, где его использование противопоказано.

Основной причиной неадекватности решений задач надежности является использование однопараметрического экспоненциального распределения. Однопараметричность модели, с одной стороны, упрощает решение задач надежности, с другой стороны, накладывает на модель ряд существенных ограничений и делает ее весьма грубо приближенной. Неко-

торые выводы, вытекающие из экспоненциального закона, не поддаются осмыслению и даже являются порочными. Например, экспоненциальное распределение абсолютно не учитывает старение и износ, т.е. исключает необходимость выбора более качественных материалов при производстве изделий или проведении профилактики в процессе эксплуатации. Экспоненциальное распределение имеет максимальную плотность отказов (частоту отказов) в момент включения, т.е. соответствует низкой технологии и качеству изготовления. Другими словами, чем хуже выполнена техника, тем более подходящей оказывается модель экспоненциального распределения для описания ее надежности. Фиксированы все моменты экспоненциального распределения, начиная со второго (коэффициент вариации всегда равен единице, коэффициент асимметрии - двум, коэффициент эксцесса - девяти). Последнее, по сути, свидетельствует о том, что исследователи имеют дело только с математическим ожиданием, т.е. время до отказа объектов фактически представляется детерминированной величиной.

Особенно ярко недостатки однопараметрической экспоненциальной модели проявляются при решении таких задач надежности, как дальний прогноз. Так, прогноз среднего ресурса высоконадежных изделий электронной техники или прогноз гамма- процентного ресурса для очень малых уровней вероятности отказа отличается от прогноза более адекватных двухпараметрических моделей в 50-100 и более раз.

Как известно, экспериментальная оценка показателей надежности является обязательным этапом и практически основным способом установления реально достигнутого уровня надежности в процессе разработки и серийного выпуска изделий. Наиболее распространенными являются контрольные испытания на надежность, причем, как правило, с ограничением продолжительности испытаний ($t_u \ll T_o$, где t_u - продолжительность испытаний, T_o - контролируемое значение средней наработки до отказа). Поскольку по своим формальным свойствам экспоненциальный закон допускает в начальный период наибольшее количество отказов, то это приводит к тому, что в результате контроля пропускаются изделия, имеющие более низкий реальный уровень, чем контролируемый. В настоящее время для типичных планов испытаний происходит завышение реального уровня надежности (средней наработки) в 2 и более раз для изделий типа ПЭВМ, телевизор и т.п., а для высоконадежных изделий типа интегральных микросхем, полупроводниковых приборов прогноз среднего ресурса завышается в 50 и более раз [2].

При использовании экспоненциального распределения исследователи принимают чрезвычайно грубое допущение о постоянстве интенсивно-

сти отказов, поскольку реальное значение интенсивности отказов за рассматриваемые интервалы времени (наработки) изменяется (увеличивается) в несколько десятков раз. Именно это обстоятельство служит одной из причин огромной методической погрешности оценок при расчете надежности систем на основе интенсивностей отказов элементов (лямбда-метода). Установлено [2-4], что оценка средней наработки до отказа систем по экспоненциальному распределению (лямбда-методом) занижается в $\sqrt{n}$ раз, где n - число элементов в системе, соединенных последовательно в смысле надежности.

Таким образом, использование экспоненциального распределения на практике для прогноза, например, средней наработки до отказа приводит к существенному *завышению* надежности отдельных элементов (устройств с небольшим количеством элементов) и также к существенному *занижению* прогнозируемой надежности больших систем (более 10^5 элементов). Эти погрешности, которые могут иметь разные знаки (завышение, занижение) послужили причиной недоверия прогнозным оценкам на основе экспоненциального распределения. В этой связи характерным является определение лямбда-метода, которое дано одним опытным английским инженером по надежности [5]. Он назвал существующий прогноз для предсказания надежности методом «влажного пальца», т.е. «намочите свой палец и поднимите его в воздух». По эффективности это будет примерно то же самое.

В ряде работ зарубежных специалистов [5] совершенно справедливо отмечается, что широко распространенный стандарт MIL-HDBK-217, основанный на использовании экспоненциального распределения, не предназначен для того, чтобы обеспечить показатель надежности с гарантированной точностью. Скорее, он предназначен для использования в качестве инструмента при оценке пригодности новых проектов и сравнении различных проектов.

Модель экспоненциального распределения уже давно резко критиковалась [6]. Однако до сих пор из-за отсутствия подходящей математической модели, которая позволяла бы решать основные задачи надежности (в том числе расчет надежности систем) на инженерном уровне, исследователи вынуждены пользоваться критикуемым математическим аппаратом.

В последние годы все большее распространение получают вероятностно-физические модели надежности [2], которые могут успешно заменить существующий аппарат исследования и прогнозирования надежности.

Вероятностно-физический подход основан на использовании законов распределения отказов (моделей надежности), вытекающих из анализа

физических процессов деградации и приводящих к отказу. При этом физические процессы деградации рассматриваются в виде случайных процессов. Последний подход к исследованию надежности назван нами *вероятностно-физическим*, поскольку он непосредственно устанавливает связь вероятности достижения предельного уровня физическим определяющим параметром, т.е. связывает значение *вероятности* отказа и *физического* параметра, вызывающего отказ. Вследствие этого параметры получаемого вероятностного распределения отказов имеют определенный физический смысл. В частности, в рассматриваемых двухпараметрических вероятностно-физических моделях отказов параметр масштаба совпадает со значением средней скорости изменения определяющего параметра, а параметр формы - с коэффициентом вариации этой скорости. Распределение отказов (распределение наработки до отказа), параметры которого имеют конкретную физическую интерпретацию, в отличие от строго вероятностных распределений (моделей) отказов (экспоненциального, Вейбулла, логарифмически нормального и др.), принято называть вероятностно-физическим распределением (моделью) отказов [2].

Существуют несколько схем формализации вероятностно-физических моделей отказов, подробно описанных во многих публикациях [2, 7]. В [2] дается подробный сравнительный анализ. При этом рассматриваются четыре схемы формализации. Рассмотрен *верный* случайный процесс, которому соответствует альфа-распределение; «*сильно перемешанный*» гауссовский процесс, которому соответствует нормальное параметрическое распределение; непрерывный марковский процесс с монотонными реализациями, которому соответствует диффузионное распределение, названное DM-распределением; непрерывный марковский процесс с немонотонными реализациями, которому соответствует диффузионное распределение, названное DN-распределением.

Математические модели процессов деградации в виде непрерывных марковских процессов представляются несомненно более адекватными для случайных процессов разрушения, чем идеализированный линейный *верный* процесс или «*сильно перемешанный*» гауссовский процесс с постоянно уменьшающимся коэффициентом вариации. На основании выравнивания значительного количества данных отказов самых различных объектов [2] показано, что диффузионные распределения (DM и DN) являются более гибкими функциями, лучше выравнивающими опытные данные, по сравнению с известными двухпараметрическими строго вероятностными моделями (Вейбулла, логарифмически нормальным, гамма-распределением и др.), а также по сравнению с нормальным параметрическим и альфа-распределением. Кроме того, диффузионные распределения представля-

ются довольно простыми функциями, имеющими простые выражения для разнообразных оценок своих параметров, а также для всех основных показателей надежности. В частности, диффузионные распределения гораздо проще и удобнее при использовании по сравнению с такими двухпараметрическими моделями, как Вейбулла, гамма-распределение, альфа-распределение и др.

Диффузионные распределения (а также альфа-распределение и нормальное параметрическое) как вероятностно-физические модели надежности имеют большое преимущество перед строго вероятностными моделями в том, что их параметры могут быть оценены как на основе статистики отказов (в этом случае они рассматриваются как строго вероятностные модели), так и на основании анализа статистических характеристик физического процесса, приводящего к отказу, а также при совместном использовании статистической информации обоих типов. Как известно, решение основных задач надежности (как при априорных, так и апостериорных методах) в конечном итоге сводится к оценке параметров распределения искомой величины (наработки до отказа, на отказ, ресурс и т.д.). Следует отметить, что важнейшим фактором, способствующим решению разнообразных задач надежности при использовании диффузионных распределений, является то, что параметр формы этих распределений представляет собой обобщенную характеристику изучаемых взаимнообратимых процессов (процесса разрушения и распределения наработки) - коэффициент вариации. А коэффициент вариации как обобщенная характеристика с достаточной для инженерной практики точностью может быть оценен априори на основании многочисленных (многодесятилетних) исследований как процессов разрушений (прочности, усталости, изнашивания и др.), так и статистических данных об отказах при испытаниях и эксплуатации изделий - аналогов. Именно благодаря конкретной физической интерпретации параметров диффузионных распределений удалось на их основе решить такие важные задачи надежности, как расчет надежности систем, планирование контрольных и определительных испытаний на надежность, расчет запасных частей, долговечности электронной аппаратуры и др. [2].

В настоящее время на основе двухпараметрических диффузионных распределений достаточно разработаны методы решения всех основных задач надежности изделий (оценки надежности элементов механических и электронных изделий, технических систем) на всех жизненных циклах. При этом определяются наиболее полные характеристики надежности - функции распределения наработки (до отказа, на отказ, ресурса и т.д.), которые позволяют оценить любые показатели надежности (среднюю наработку, гамма-процентный ресурс, вероятность безотказной работы за за-

данный интервал наработки и др.). Таким образом, есть все основания для внедрения математического аппарата более адекватных двухпараметрических моделей надежности в практику исследования надежности как элементов, так и систем. Высокая универсальность двухпараметрических диффузионных распределений позволяет решить необходимую задачу унификации методов измерений надежности элементной базы и технических систем.

Уточнение оценок показателей надежности на всех этапах, в том числе и на этапе проектирования, объективно приведет к повышению надежности. Большой эффект дает использование диффузионных распределений в задачах планирования контрольных испытаний на надежность. Планы контроля надежности на основе диффузионных распределений являются более строгими и в то же время существенно экономичнее. Для того, чтобы с требуемой достоверностью и точностью сделать заключение о том, что соответствует или не соответствует контролируемому уровню надежности испытываемых изделий, необходим в 1,5-2,0 раза меньший объем испытаний. Это означает, что внедрение планов контроля надежности на основе предлагаемого аппарата снизит затраты на испытания на 30% и более. Заметим, что этот экономический эффект только от снижения затрат на испытания. Объективно использование более строгих и точных планов приведет к повышению надежности, т.е. достижению планируемого уровня надежности.

Необходимо также подчеркнуть, что математический аппарат решения задач надежности на основе диффузионных распределений приводит не только к более точным прогнозным оценкам по сравнению с традиционным математическим аппаратом, основанном на экспоненциальном распределении, но и к решению существенно большего числа типовых задач надежности. Если на основе DN-распределения решается 25 типовых задач надежности, то на основе экспоненциального распределения только 13 из упомянутых 25 [7].

Подытоживая результаты исследований, можно констатировать, что в настоящее время открывается возможность для сквозного использования двухпараметрических вероятностно-физических моделей отказов при оценке надежности любых изделий машиностроительной продукции на всех этапах проектирования, производства и эксплуатации. При этом применение аппарата более адекватных двухпараметрических моделей надежности приводит не только к уточнению оценок показателей надежности, но и к весьма существенному экономическому эффекту. Одновременно решается задача унификации методов измерений надежности элементной базы и технических систем.

Список литературы: 1. The Status of the Reliability Technology // RAC Journal. - 1995. - 3, N 1. - P. 5-7. 2. Погребинский С.Б., Стрельников В.П. Проектирование и надежность многопроцессорных ЭВМ. - М.: Радио и связь, 1988. - 168 с. 3. Надежность и эффективность АСУ / Ю.Г. Заренин, М.Д. Збырко, Б.П. Креденцер и др. - Киев: Техніка, 1975. - 368 с. 4. Соловьев А.Д. Основы математической теории надежности. - М.: Знание, 1975. - 103 с. 5. Ken Neubeck. MIL - HDBK -217 and the real // RAC Journal. - 1994. -2, N 2. - P.15-18. 6. Zelen M., Dannemiller M.C. The robustness of life testing procedures derived from the exponential distribution // Technometrics. - 1961. - 3, N 1. - P. 29-49. 7. ДСТУ 3533-96. Надежность техники. Модели отказов. Общие требования. - 43 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ И РАСЧЕТ САЖЕОБРАЗОВАНИЯ В ГАЗОГОРЕЛОЧНОМ УСТРОЙСТВЕ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ СМЕСЕОБРАЗОВАНИЕМ

Строгонов О.В., Дунай О.В., Щукин В.А.

(КГТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань, Татарстан, Россия)

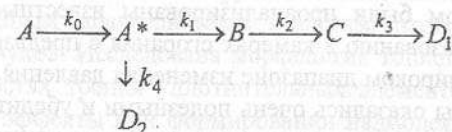
The physico-mathematical models of the soot formation mechanism have been developed. A kinetic equation of soot output reflecting peculiarities of reaction in the flame has been derived. The comparison with experiment is presented.

Несмотря на то что в настоящее время известно достаточно много о процессах горения и сажеобразования, на многие вопросы пока ответов нет. Вследствие сложности процессов горения ограничены как понимание основ процессов, так и детальные данные. Разработчики газо-горелочных устройств естественно хотели бы иметь возможность выбрать такие условия, когда обеспечивается максимальная эффективность при минимальном образовании загрязняющих веществ, в частности сажевых частиц. Идея математического моделирования горения и сажеобразования состоит в разработке более надежного количественного инструмента, чем общие соображения. При этом неизбежно приходится упрощать задачу таким образом, чтобы можно было получить решение задачи, но на основе системного подхода. В работе рассматривается один из вариантов рационального моделирования сажеобразования при сжигании предварительно подготовленных смесей.

При формировании модели основное внимание уделялось тщательному подбору процессов частей системы. Газогорелочное устройство моделировалось как открытая система со стационарным потоком, в котором на

вход поступает газообразная смесь топлива и воздуха, с выходного сечения покидают продукты горения, а с боковых поверхностей существует обмен энергией, но обмена веществом нет. Система как целое представлялась из трех последовательно соединенных частей, а именно: область свежей смеси, светящаяся область зоны горения и область продуктов горения. Реальные процессы в горелочном устройстве включают множество физических и химических процессов, например, газодинамику, тепло- и массоперенос, турбулентность, химическую и физическую кинетику, горение, излучение и т.п. Полное описание их очень сложно, а потому приходится разумно упростить до получения аналитического решения.

Для этого приняты следующие упрощения. Каждая часть горелочного устройства представляет собой проточный реактор идеального вытеснения. Давление во всех частях одинаковое. Химический механизм сажеобразования аппроксимировался следующей совокупностью квазимономолекулярных процессов:



где A характеризует топливо, A^* - радикалы молекул топлива, B - зародыши сажи, C - частицы сажи, D_1 - продукты окисления сажи, D_2 - продукты окисления радикалов топлива, k_0, k_1, k_2, k_3, k_4 - коэффициенты скорости соответствующих квазимономолекулярных процессов. Принималась одинаковость химического механизма для всех трех частей устройства, одинаковость каждого коэффициента скорости в пределах каждой из трех частей, причем, все они подчиняются аррениусовской температурной зависимости с соответствующими энергиями активации и эмпирическими предэкспоненциальными коэффициентами. Это означает, что температура в каждой части постоянна и равна среднему значению на входе и выходе с учетом теплопотерь в стенки по закону теплоотдачи в стенки Ньютона. Особую сложность представляет область светящейся зоны горения, которая моделировалась явлением флуктуационного реагирования, а неравновесные значения коэффициентов скорости в пламени определялись при соответствующих неравновесных флуктуациях температуры. Значения температуры в области продуктов горения определялись по известной методике расчета равновесного состава и температуры продуктов сгорания В.Е. Алемасова, А.Ф. Дрегаллина с оценкой теплопотерь в стенки по закону Ньютона.

В итоге получена следующая аналитическая модель кинетики выхода сажи со временем:

$$EI_c = 10^3 g_c k_0 k_1 k_2 \left[\frac{\exp(-k_0 \tau)}{(k_1 + k_4 - k_0)(k_2 - k_0)(k_3 - k_0)} + \frac{\exp[-(k_1 + k_4)\tau]}{(k_0 - k_1 - k_4)(k_2 - k_1 - k_4)(k_3 - k_1 - k_4)} - \frac{\exp(-k_2 \tau)}{(k_0 - k_2)(k_2 - k_1 - k_4)(k_3 - k_2)} + \frac{\exp(-k_3 \tau)}{(k_0 - k_3)(k_3 - k_1 - k_4)(k_3 - k_2)} \right],$$

где EI_c - индекс эмиссии сажи в граммах на 1 кг сжигаемого топлива, g_c - массовая доля углерода в топливе.

Последовательная стыковка кинетических кривых выхода сажи для выделенных трех частей дает общий выход сажевых частиц в конкретном горелочном устройстве.

Таким способом были проанализированы известные в литературе данные по сажеобразованию в камерах сгорания с предварительным смесеобразованием в широком диапазоне изменения давления, температуры и составов. Результаты оказались очень полезными и убедительными. В частности, макрокинетическая модель позволяет получить не только общую тенденцию изменения выхода сажи, но и количественные данные соизмеримые с экспериментальными для двух типов топлива - керосина и пропана.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ДЕТАЛЯХ ТРЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ АМОРТИЗАТОРОВ

Струк В.А., Мамончик А.И., Овчинников Е.В.

(Гродненский государственный университет, г. Гродно, Беларусь)

Process engineering of deposition of antifriction coating because of polyamide 6 and 11 is developed. Cover put on an internal surface of a pipe of the plug-in cartridge of the automobile.

В современных конструкциях автомобильных амортизаторов применяются различные триботехнические материалы в виде функциональных подшипников скольжения и уплотнений. Исследована возможность применения тонкопленочных антифрикционных материалов на основе полимерных связующих для повышения износостойкости подвижных соприкосновений амортизаторов легковых автомобилей.

Разработана технология нанесения антифрикционного покрытия на основе полиамида 11 Rilson и полиамида 6 на внутреннюю поверхность трубы вставного патрона автомобиля "Москвич 2141". Композиционное покрытие не только обеспечивает требуемый эксплуатационный ресурс вставного патрона, но и позволит отказаться от применения дорогостоящих подшипников скольжения из металлофторопластовой ленты типа МФП.

Для повышения износостойкости уплотнительных деталей разработана технология нанесения тонкопленочных покрытий из фторсодержащих полимеров и олигомеров. Установлено, что тонкие пленки толщиной до 5 мкм, формируемые на рабочей поверхности активной годовой фазы или из растворов олигомеров повышают триботехнические характеристики ультрадисперсных деталей и их стойкость к воздействию термоокислительных сред.

Уплотнительные элементы с функциональными покрытиями не уступают по служебным характеристикам аналогам, изготовленным из фторсодержащих каучуков. Исследована морфология тонкопленочных покрытий на поверхностях трения уплотнительных элементов. Показано, что ориентационные эффекты при формировании надмолекулярных структур зависят от состава олигомера и вида энергетического воздействия (теплого или ионизирующего).

Проведены эксплуатационные и стендовые испытания деталей трения с полимерными антифрикционными покрытиями. Разработано специальное технологическое оборудование для нанесения покрытий на детали трения автомобильных амортизаторов.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОСТРУЙНОЙ РЕЗКИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ступин А.Б., Асланов П.В., Фоменко С.А., Ганцевич Л.А.

(ДонГУ, г. Донецк, Украина)

Карпачёв Ю.А., Сычёв М.В., Иващенко В.А., Яшук А.П.

(НТУУ "КПИ", г. Киев, Украина)

Ковалёв Ю.В., Архипов А.Н., Акулов С.М.

(НВП "ТРОТ", г. Владимир, Россия)

There have been carried out researches efficiency increase of the water-jet technology application by improvement of the physical-chemical composition of the operating liquid through adding soluble polymeric agents and optimisation of the cutting regimes.

Одним из прогрессивных направлений в обработке материалов резанием является использование энергии сверхзвуковой струи жидкости, истекающей под большим давлением через сопло малого диаметра.

Обработка материалов сверхзвуковой струей жидкости имеет определённую технологичность, а также большую, по сравнению с традиционными методами, производительность, так как: гидрорезание позволяет заменить ручную обработку для деталей со сложными поверхностями; струя приближается к идеальному точечному инструменту, что даёт возможность обрабатывать изделия сложного профиля с любым радиусом закругления; рез можно начинать в любой точке обрабатываемого материала и нет необходимости в начальном отверстии; ширина реза 0,3-1,0 мм., что позволяет снизить отходы материала в стружку по сравнению с традиционной разрезкой в 15-20 раз; силы резания небольшие (до 100 Н), что исключает деформацию материала в прилегающей к зоне резания области улучшает качество обработки, при этом отпадает необходимость в жестком закреплении детали с помощью сложных и громоздких зажимных приспособлений; температура резания (60-95°C) не вызывает термодеструкцию при обработке полимерных материалов и отрицательных воздействий на физико-механические свойства обрабатываемых материалов; гидрорезание позволяет полностью автоматизировать процесс обработки и производить её для любого материала, в том числе и для не проводящих ток (в отличие от электрохимических и электрофизических методов). При этом уменьшается шум и полностью ликвидируется запылённость рабочего места. Кроме того, указанный способ обработки материалов позволяет применять его для резания под водой и во взрывопожароопасных условиях [1-3].

В настоящей работе проведены исследования возможности обработки различных конструкционных материалов с помощью высокоскоростных струй жидкости. Для увеличения режущей способности в водную струю вводится абразив.

Типичные результаты для струи с давлением истечения 250 МПа и мощностью 33 кВт при расходе абразива 0,2 кг/мин приведены в таблице.

Материал	толщина, мм	Скорость резания, мм/мин
Мягкая сталь	25	205
Нержавеющая сталь	6	150
Инструментальная сталь	5	40
Алюминий	15	600
Стекло	10	500

Большое влияние на компактность струи, её режущие свойства и возможность обрабатывать тот или иной материал оказывает состав рабочей жидкости, являющейся технологической средой, непосредственно воздействующей на обрабатываемый материал. Добавка в воду растворимых высокомолекулярных полимеров приводит к улучшению гидродинамических параметров струи и, как следствие, увеличению производительности процесса резки, расширению технологических возможностей струи как инструмента.

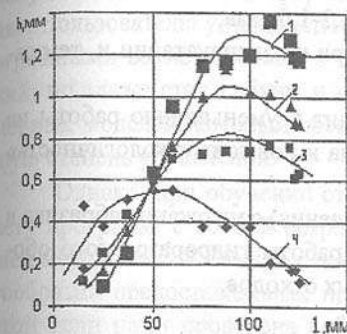


Рис. 1.

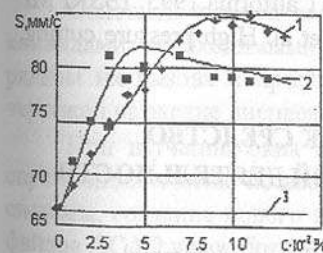


Рис. 2.

Разрушающая способность струи во многом зависит от строения молекул в полимерных растворах и его концентрации. На рис.1 приведена зависимость глубины реза материала (алюминий) от расстояния его до сопла при различной концентрации полиэтиленоксида в воде (1-4 - $C=0,05; 0,025; 0,0125$ и 0% , соответственно). Так, при обработке материала струей чистой воды и струей раствора полиоксизтилена с давлением истечения 240 МПа и диаметром сопла 0,25 мм при скорости подачи материала 25 мм/с было отмечено, что глубина реза резко возрастает при увеличении концентрации полиоксизтилена в воде и достигает максимума при $C=0,05\%$, дальнейшее увеличение концентрации роста эффективности обработки не вызвало.

На рис.2 приведены результаты эксперимента по разрезке листовых материалов (текстолит) водой (3), водными растворами полиакриламида с молекулярной массой $2 \cdot 10^6$ (1) и полиоксизтилена с молекулярной массой $4 \cdot 10^6$ (2) в виде зависимости скорости подачи материала относительно струи от концентрации полимера. Из представленных данных видно, что производительность гидрорезания возрастает (по сравнению с водой) при использовании полиэтиленоксида на 22-30,5%, полиакриламида на 25-35%.

Из-за обилия влияющих факторов для оптимизации требуются обширные данные для каждого из применений. Приведенные в таблице и на

рисунках данные представительны, но не обязательно оптимальны для данного материала.

Проведенные экспериментальные исследования также показали, что использование в качестве рабочих жидкостей растворов высокомолекулярных полимеров - полиакриламида (ПАА) и полиэтиленоксида (ПЭО) позволяет:

- увеличить расход рабочей жидкости за счёт снижения гидравлических потерь в подводящих трубопроводах в 1,2-1,6 раза;
- повысить стойкость сопел к износу при их эксплуатации и, тем самым, увеличить срок их службы;
- уменьшить ширину реза, что приводит к уменьшению работы на единицу его длины, снизит отходы материала и повысит «экологичность» процесса гидрорезания в целом;
- уменьшить (вплоть до полного исключения) содержание абразива в струе что существенно увеличивает ресурс работы гидроразрезного оборудования и уменьшает количество вторичных отходов.

Список литературы: 1. Гидрорезание судостроительных материалов /Р.А. Тихомиров, В.Ф. Бабанин, Е.Н. Петухов и др.//Л.: Судостроение, 1987.-164с. 2. Radiation Hardened Telerobotic Chassis Construction /report on contract N B313820 with LLNL, University of California, 1995, IBSRI MP "Ritm", Kiev, Chernobyl, 140p. 3. Tikhomirov R. et al. High pressure cutting, ASME, New York, 1992.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА КАК СРЕДСТВО АВТОМАТИЗАЦИИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Сукманов В.А., Левит И.Б. (ДГКИ, г. Донецк, Украина)

The principles of obtaining of two-dimensional delineation's and creations of space visual submission with use of package ACAD for leaning of the computer-generated image being a necessary condition of preparation of the experts, capable to work with automated systems of creation of the designer documentation.

Изготовление конструкторской и технологической документации, отвечающей современным требованиям к качеству, точности и времени выполнения немислимо без применения компьютерной техники. Своевременное обучение студентов начальных курсов навыкам компьютерной графики позволяет повысить эффективность изучения специальных дис-

циплин на выпускающих кафедрах и обеспечить выпуск квалифицированных специалистов.

В основе компьютерной технологии получения графических изображений на экране ПЭВМ выделяется два основных подхода: получение двухмерных чертежей и создание пространственных наглядных представлений. Наибольшее распространение на практике для решения этих задач получил пакет AutoCAD фирмы Autodesk. Этот пакет не только представляет пользователю универсальные средства машинной графики и обладает огромными возможностями в области двухмерных графических построений, но также стал гибким и надежным инструментом построения трехмерных моделей, который обеспечивает наибольшую точность и наивысшую степень управления.

Однако, при обучении студентов столь мощному графическому пакету программ, с особой остротой встает вопрос создания соответствующей методической базы, т.к. начинающий пользователь «теряется» в многообразии предоставляемых программой возможностей. Для достижения этой цели нами проведена работа по созданию методических средств, в которых в сжатой и доступной для начинающего пользователя форме излагаются основные инструменты двухмерной и трехмерной графики и методы работы в ACAD for Windows (версии 13,14).

Основной задачей является ознакомление студентов с основными командами, необходимыми для получения графических примитивов, порядком их вызова и приобретения навыков создания и редактирования чертежей на экране дисплея с последующим получением твердой копии.

При изучении окна программы ACAD рассматриваются команды спускающихся меню позволяющие управлять общими операциями: запуск системы, создание нового и открытие существующего чертежей, экспорт файлов ACAD для работы в других программах.

Для приобретения навыков работы с программой осваиваются способы ввода команд набором на клавиатуре и выбором из меню или с помощью инструментальных линеек и палитр. Версии ACAD 13,14 ориентированы на операционную среду Windows и предполагают работу в первую очередь с инструментальными линейками и палитрами, содержащими пиктограммы, представляющие команды, которые группируются по типу действий и дают возможность выполнять детальные функции создания новых объектов и редактирования существующих.

Подробно рассматриваются все команды и возможности их применения палитры Modify, содержащей функции для модификации существующих объектов чертежа, палитры Draw, включающей инструментальные средства для создания новых объектов и палитры Dim, команды кото-

рой обеспечивают простановку различных видов размеров и их редактирование.

После вызова команды программа выводит диалоговое окно или ответное сообщение в области приглашения, которые говорят, что нужно делать дальше или предлагают список параметров. Диалоговое окно напоминает форму или бланк на экране компьютера, который студенту нужно научиться заполнять, а также освоить настройку и выбор параметров команд.

Изучаются также возможности системы по созданию «прототипов» для дальнейшего их использования при разработке различных чертежей. При этом уделяется внимание командам, необходимым для установления границ чертежа, определению формата и точности задания используемых единиц, способам перемещения и изменения форм элементов рабочего экрана, информации о чертеже, выводимой в строке состояния.

Полученные сведения об основных возможностях программы используются студентом при выполнении чертежа типовой детали. Точность построений обеспечивается использованием команд механизма объектной привязки. Для эффективного использования машинного времени пользователями, имеющими первоначальный опыт работы с ACAD, нами разработана инструкция, содержащая указания по общим принципам поэтапного создания чертежа, иллюстрированная рисунками, изображающими вид экрана в каждом фрагменте работы над чертежом.

Если пользователь знаком с ACAD как с инструментом двухмерного черчения, то он обладает всеми навыками для овладения средствами трехмерного моделирования, придающего конструкторским и дизайнерским замыслам зримую форму. При этом первостепенное значение приобретают методы компьютерной графики, направленные на отображение пространственной модели, а чертеж играет вспомогательную роль.

Для приобретения навыков трехмерного моделирования студенты осваивают следующие операции:

- получение наглядных трехмерных изображений путем экструзии двухмерного объекта в трехмерный с использованием инструментальных палитр Standart и Properties;
- достижение реалистичности изображения за счет удаления с «каркасного представления» скрытых линий и затенения моделей;
- редактирование и фиксация объектов в трехмерном пространстве;
- использование средств моделирования поверхностей с применением команд палитры Surface;

- компьютерный рендеринг трехмерных моделей, управление источниками света, добавление материалов, что позволяет создавать реалистические изображения различных изделий;

Тот факт, что в период обучения студент приобретает и совершенствует навыки работы со стандартными пакетами программ, получившими распространение в мировой практической деятельности является залогом подготовки специалистов, способных работать с автоматизированными системами создания конструкторской документации.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СУШИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ

Сукманов В.А., Хомичук В.А. (ДГКИ, АО «Донецкий завод «Продмаш», г. Донецк, Украина)

The general directions of further improvement of Donetsk Plant Prodmarsh's units for drying of liquid food stuffs in the boiling or vibroboiling layer of inert material granules are identified and implemented. Implementation of those programs enabled to increase technical performance of the named units.

Сушка является одним из важнейших этапов технологического процесса производства многих пищевых продуктов. Сушильное оборудование применяется более чем в двадцати отраслях пищевой, мясомолочной, рыбной, мукомольно-элеваторной, крупяной и комбикормовой промышленности. Число наименований высушиваемых пищевых продуктов достигает нескольких сотен. Такой широкий ассортимент пищевых продуктов обусловил большое разнообразие применяемых типов сушилок и сделал задачу модернизации существующего и создания нового более эффективного и универсального оборудования особенно актуальной.

Способ сушки пищевых продуктов в виброкипящем слое инертного материала впервые разработан в СССР и с 1982 года на Донецком заводе «Продмаш» начат серийный выпуск установок данного типа. Основной орган установки - сушильная камера, где происходит непосредственно сам процесс сушки продукта состоит из самосинхронизирующего привода вибратора, жестко связанного с газораспределительным решетом (частота колебаний 7 Гц, амплитуда 22 мм), на котором размещен слой инертного материала (55 кг. гранул фторопласта - кубик с ребром 4 мм). В средней камере установлены 2 форсунки, распыляющие жидкий продукт в слой инертного материала. Вверху камеры установлена отбойная сетка, которая препятствует выносу инертного материала из камеры.

Разработанный способ сочетает в себе некоторые элементы распылительной сушки и элементы пленочной сушки. При получении порошка данным способом продукт проходит следующие технологические этапы:

- транспортирование жидкого продукта по трубам к распылительной форсунке;
- распыление жидкого продукта в слое «кипящих» гранул инертного материала;
- высушивание нанесенного жидкого слоя продукта и образование твердых пленок;
- скалывание пленок продукта и их истирание в порошок в процессе «кипения» гранул в воздушном потоке;
- вынос порошкообразного продукта в циклонную камеру;
- оседание продукта в камере и выгрузка сухого продукта.

В результате проведенных лабораторных исследований определены жидкие пищевые продукты, которые могут эффективно подвергаться процессу сушки в псевдооживленном слое на инертном материале: яичный белок, меланж-яичная масса, пищевая кровь, плазма, подпрессованные мясокостные бульоны, рыбный гидролизат и др. Яичный порошок, полученный на установках с виброкипящим слоем инертного материала по сравнению с распылительным имеет более высокую растворимость, лучшую сыпучесть, большую насыпную массу, легче дозируется и улавливается в циклонах, дольше хранится.

Эксплуатационные наблюдения за работой оборудования, а также ряд исследований, проведенных на лабораторном стенде - прообразе миниустановки - позволили провести модернизацию существующего оборудования с целью повышения его технического уровня и качества: повысить производительность и надежность установки; снизить удельные энергозатраты, расширить диапазон применяемых источников тепла.

Повышение производительности было достигнуто за счет: создания распылительной форсунки с применением дополнительного обдува и регулированием «факела распыла»; установки в сушильной камере отбойника и отбойной сетки, что устранило вынос инертного материала; изменения конструкции плунжера в насосе-дозаторе, что позволило более точно и плавно регулировать дозировку продукта.

Установка фильтра грубой очистки, который освобождает меланж от белковых уплотнений, пленок и мелких частиц скорлупы, а также применения системы подготовки продукта, при которой насос перекачивает меланж с приемного бака в расходный через систему фильтров тонкой очистки позволили существенно повысить качество получаемого продукта.

Надежность установки была повышена за счет: применения подшипников с «плавающей» обоймой, что позволило избежать их перегрева и заклинивания; использования армированных шлангов продуктопровода; замены шестеренчатого компрессора на газодувку фирмы «KAESER».

На Донецком заводе «Продмаш» освоено производство трубчатых электрических нагревателей, что дало возможность провести эксперименты по замене паровых калориферов на электрические. Полученные положительные результаты позволили предлагать потребителям на выбор два варианта комплектации.

Модернизация сушильного оборудования позволила повысить производительность на 20-25% и надежность - на 8-10%. Учитывая, что из выпущенных 1400 установок в настоящее время эксплуатируются не менее 60%, проведенная работа имеет большое практическое значение.

Выявлен ряд новых перспективных направлений дальнейшего повышения технического уровня исследуемого оборудования: повторное использование отработанного воздуха; дальнейшее снижение уровня шума; уменьшение инерционности системы автоматизации процесса; создание контура регулирования системы подачи и отбора отработанного воздуха; упрощения системы вывода установки на технологический режим.

НОВЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УКЛАД: ПРОБЛЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ В КРУПНОМ СТОЛИЧНОМ ГОРОДЕ

Сурнина Н. М., Маюрова Т. А. (г. Екатеринбург, Россия)

One of the central problems we are faced with now is to estimate the economic situation in the machinery, especially in urbanistic agglomeration such as Ekaterinburg. In this paper we'd like to present You our vision on the problem.

С начала 90-х гг. большинство российских предприятий столкнулось с нарастающими экзо- и эндогенными сложностями, вступило в фазу тяжелого и долговременного кризиса своих хозяйственных систем, что в территориальном разрезе отразилось особенно неблагоприятно. Современный столичный город (в частности, Екатеринбург) представляет собой, с одной стороны конгломерат устаревших технологических укладов, а с другой - поле для технологических преобразований (в том числе в машиностроительном комплексе). В нынешнем состоянии структурообразующих отраслей машиностроения просматривается угроза невыполнения ими одной из главных ролей - обеспечения воспроизводственного процесса в

экономике города, обновления ее на основе прогрессивной техники и технологий, то есть реструктуризации [2]. Основные тенденции, наблюдаемые в машиностроении г. Екатеринбурга, свидетельствуют об отходе как от ведущих мировых тенденций (рост наукоемкой продукции), так и от функции технологического обеспечения воспроизводственного процесса в экономике.

Кроме создания и использования высоких технологий, машиностроение имеет немало проблем. Российские производители при выходе на мировой рынок не в состоянии удовлетворить очень высокие требования по инфраструктуре эксплуатации своей продукции, то есть не могут обеспечить сервисный лизинг. Ухудшил ресурсное обеспечение машиностроительного производства и распад общего экономического пространства. В оборонных отраслях машиностроительного комплекса основные трудности связаны с многократным снижением государственного заказа. Помимо неблагоприятной динамики в комплексе продолжаются регрессивные отраслевые структурные сдвиги.

Главные проблемы и трудности машиностроения города связаны с резким снижением инвестиционной активности. В нем нет производств, которые бы в решающей мере были сориентированы на внешний рынок [1].

Чтобы повысить эффективность машиностроения путем достижения технологической однородности его переделов, необходимы преобразования не только в основном производстве, но и во вспомогательных, а также в производственной инфраструктуре. Целенаправленная государственная, а также региональная поддержка и стимулирование инвестиций в НИОКР помогут создать здесь технологически однородные конкурентоспособные производства.

Основные направления решения задач технологического развития - преобразование технологической структуры экономики города при сохранении от распада основного инновационного ядра - необходимо развернуть на нужды города и на создание техносферы столичного города. Структурный кризис должен быть переведен в управляемый режим обновления общественного производства с учетом долгосрочных ориентиров.

В данной связи надлежит решить следующие задачи: 1). Согласование условий безопасного поддержания сложившейся техносферы с ее преобразованием соответственно структуре и объему технологической деятельности через комплекс организационных и финансовых мер; 2). Реорганизация научно-технического потенциала с поддержкой научных отраслей НИИ - базовых отраслей народного хозяйства; 3). Интеграция научно-технического потенциала с производством в рамках концернов и ассоциа-

ций; 4). Повышение наукоемкости производства; 5). Преобразование части отраслевой науки в малые и венчурные предприятия [3].

На муниципальном уровне нужно способствовать укреплению связей между академической наукой и промышленностью, создавать фонды региональной консультационной помощи, развивать отрасли специализации региона и высокотехнологичных производств в данной местности.

В рамках программы важно предусмотреть определенные льготы малому и среднему предпринимательству. Это особенно существенно для машиностроения, так как мировой опыт показывает, что одно из свойств машиностроительного производства - гибкость и мобильность - лучше реализуются на малых и средних предприятиях. При сохранении существующих условий, когда в экономике нет нормальных стимулов для расширенного воспроизводства и полномасштабного инвестирования, прогнозировать кардинальные перемены к лучшему не приходится.

Необходимы разработка и реализация соответствующей промышленной политики, включающей: 1). Установление приоритетов в машиностроении на основе выявления сравнительных преимуществ в обеспеченности факторами производства; 2). Поддержку производителей, способных экспортировать свою продукцию; 3). Системную протекционистскую политику.

В 1997г. продолжалось снижение объемов производства в ведущей отрасли промышленности г. Екатеринбурга - машиностроении - на 14%. Индекс физического объема в 1997г. по машиностроению в г. Екатеринбурге составил 86% по отношению к 1996г. Основными экономическими и финансовыми проблемами в промышленности остаются взаимные неплатежи, проблемы сбыта готовой продукции, недогрузка производственных мощностей, снижение объемов производства. В этих условиях, с целью поддержки предприятий города, Администрацией г. Екатеринбурга принимаются конкретные действия, направленные на стабилизацию и улучшение деятельности промышленных предприятий. Для оказания помощи городским предприятиям в реализации произведенной ими продукции, налаживании связей с другими регионами был создан Межрегиональный торгово-промышленный центр. Продолжается работа по реализации комплексной целевой программы «СПЕКТР» по производству с 1998г. новых трамваев на заводе «Уралтрансаш».

Несмотря на спад инвестиций, машиностроительный комплекс способен выполнять общеэкономические функции. Чтобы усилить такие возможности, требуется прежде всего оживление инвестиционной активности и государственная поддержка высоких технологий.

Список литературы: 1. Замещанский В. Оборонные предприятия: как освоить перспективные рынки? // Российский экономический журнал, 1998, N 2, с.65. 2. Стратегия и неотложные задачи преобразования машиностроения Российской Федерации (доклад ИЭ РАН) // Вопросы экономики, 1996, N 11, с.48. 3. Новицкий В., Павленко Ф. Машиностроительный комплекс СНГ и проблемы экономической политики // Вопросы экономики, 1996, N 11, с.72.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОКАЛИВАЕМОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РЕЖИМОВ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

Сусин А.А., Мосунов Е.И., Кузьменков О.В., Зайцева С.А.,
Суховер М.В. (ИНДМАШ НАНБ, г. Минск, Беларусь)

The features of the mathematical model have been considered for predicting hardenability for the elaboration of chemical heat-treatment conditions of details with compound form. It has been shown that the hardenability has been connected with 3 factors: chemical composition of steel and grain size, size and form of the hardened detail, cooling ability of the apparatus for hardening.

Оценка прокаливаемости цементованных слоев является важной технологической задачей, решение которой позволит прогнозировать распределение твердости по толщине слоя и структуру цементованных деталей.

Для количественного прогнозирования прокаливаемости сталей в настоящее время применяют экспериментально-аналитический метод, предложенный Гроссманом и усовершенствованный в ряде более поздних работ, и способ, основанный на анализе диаграмм превращения при непрерывном охлаждении, при применении которого также разработан ряд разновидностей.

Основой всех аналитических методов определения прокаливаемости является идеальный критический диаметр (D_1), который может быть найден по эмпирическим формулам или с помощью ЭВМ по уточненным коэффициентам регрессии. Расчетные методы удобны тем, что прокаливаемость определяется по химическому составу (плавочному) определенной величине зерна цементованной стали.

Однако известные способы в лучшем случае пригодны для оценки упрочнения цементованных сталей простой формы и нуждаются в существенном дополнении при оценке массивных изделий сложной формы и

крупномодульных зубчатых колес, для которых характерны не только большие габариты и сложная форма, но и существенная неоднородность по химическому составу.

На практике при разработке ХТО и особенно объемной закалки часто возникает сложность в определении сечения детали, которое будет характеризовать прокаливаемость стали в зависимости от условий охлаждения, а также при определении критического диаметра изделия, прогнозировании распределения твердости в цементованном слое. С этой целью вводится характеристический размер S зубчатого колеса, что эквивалентно понятию критического диаметра изделия. Конкретное значение характеристического размера S определяют из чертежа зубчатого колеса.

Достоверная оценка охлаждающей способности сред закалочных агентов возможна только экспериментальным путем на конкретном производстве, где проводится ХТО зубчатых колес. В ИНДМАШ применяется методика определения охлаждающей способности H , которая основана на экспериментальных данных, получаемых при закалке эталонных образцов в закалочных баках промышленных печей. Установленное значение интенсивности охлаждения для конкретного закалочного устройства используется при выборе диаграмм Висса.

Определены эмпирические коэффициенты корреляции в зависимости от структуры металла, размера зерна аустенита, содержания углерода и легирующих элементов. Прогнозирование прокаливаемости крупномодульных деталей связано с количественной оценкой трех факторов:

1. Прокаливаемость стали, определяемое ее химическим составом и размером зерна;
2. Размерами и формой изделий, подвергаемых закалке;
3. Охлаждающей способностью используемых с этой целью средств.

Анализ результатов исследований и сравнение их с литературными данными позволило заключить, что в качестве критерия прокаливаемости при оценке пригодности промышленных марок стали для изготовления цементуемых зубчатых колес может быть принято отношение $L_{p.c.}/L_{з.к.}$, где $L_{p.c.}$ - эквивалентное критическому диаметру расстояние торцевой пробы, найденное для конкретной марки стали по уравнениям регрессии с учетом условий охлаждения при закалке;

$L_{з.к.}$ - характеристический размер данного зубчатого колеса, для изготовления которого определяется возможность применения этой марки стали.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ ОСНОВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС СИЛОВЫХ ПЕРЕДАЧ В АВТОТРАКТОРОСТРОЕНИИ

Сусин А.А., Руденко С.П., Мосунов Е.И. (ИНДМАШ, г. Минск, Беларусь)

The methods have been considered for the maintenance of durability of high-stress details. These methods are based on dependencies of strength and fatigue characteristics upon structure of strengthening steels, the laws of formation of their structure for various stages of manufacture and strengthening.

Качество высоконапряженных зубчатых колес в значительной степени влияет на работоспособность машин, выпускаемых такими отраслями машиностроения как авиастроение, автотракторостроение, редукторостроение. Внедрение достижений информационных технологий в машиностроительное производство позволяет на базе автоматизированных систем, включающих современные датчики различных параметров техпроцессов изготовления деталей, регулирования режимов с обратной связью и использованием ПЭВМ, обеспечить заданные технологические характеристики.

Такой подход позволяет с помощью систем непрерывного управления технологическими процессами приближать закономерность их протекания к предписанным (математическим моделям или закономерностям, установленным при лабораторных или других «эталонных испытаниях») и выполнять управление не только по тем или иным параметрам, но и по их непрерывно регистрируемым значениям на протяжении всего техпроцесса.

Исследование технологических процессов производств зубчатых колес лес позволило выделить следующие основные направления и технологические операции, обеспечивающие качество и работоспособность деталей:

- качество стали, обусловленное ее химическим составом, технологией выплавки и металлургического передела;
- последовательность технологических операций изготовления, обеспечивающую достижение максимальных величин характеристик сопротивления усталости;
- заготовительные операции - горячая пластическая деформация (ковка, штамповка заготовок, изготовление заготовок зубчатых колес методом горячего накатывания зубьев);
- предварительная термическая обработка заготовок;

- механическая обработка;
- термическая, химико-термическая или другая упрочняющая обработка деталей.

Рассмотрим влияние базовых этапов на качество зубчатых колес до проведения окончательного химико-термического упрочнения и закалки.

При выборе марки стали для зубчатых колес, подвергаемых цементации, предъявляет ряд требований, к числу которых относятся следующие: регламентируемые прокаливаемость и закаливаемость поверхностных слоев и сердцевины, что обеспечивает основную мартенситную структуру с требуемой твердостью; по толщине слоя (эффективную толщину) и другие характеристики. Изменение последовательности технологических схем, а также введение стабилизирующих и отделочных операций позволяет регулировать прочностные характеристики зубчатых колес. Так при обработке зубчатых колес из стали 20Х2Н4А путем изменения формообразующей операции зубофрезерования на горячую накатку, введения повторной стабилизирующей операции, а также изменения чистовых операций достигнуто изменение прочностных характеристик в следующих пределах σ_{Flim} с 540 до 1100 МПа, а σ_{Hlim} с 1300 до 1700 МПа.

Особую роль играет правильный выбор заготовительных операций, так как последние могут вызвать такие дефекты как появление трещин в процессе пластического деформирования из-за осевой ликвации, разнородности стали и полосчатую неоднородность. Эти явления связаны как с неоднородностью состава отдельных участков металла, так и с перегревом и ростом аустенитного зерна, неоптимальными условиями пластического деформирования и охлаждения поковок (штамповок).

Предварительная термическая обработка оказывает существенное влияние на обрабатываемость и качество поверхности при механической обработке, обеспечение (стабилизацию) размерной точности деталей после последующих стадий производства. После ее проведения готовые отштампованные поковки подвергаются контролю на величину зерна, по которому определяют отсутствие или наличие перегрева. От качества поверхности зубчатых колес, структуры и твердости структурных составляющих и внутренних напряжений после механической обработки в многом зависит деформация при термической обработке и, как следствие этого, долговечность.

Однако как показывает практика отдельные базовые этапы технологии изготовления зубчатых колес предопределяют высокое качество, но окончательное его формирование достигается при проведении химико-термического упрочнения. Разработка технологии ХТО должна основываться на зависимостях прочностных и усталостных характеристик от

структуры упрочненных сталей, закономерностях формирования структуры при химико-термической обработке и методики прогнозирования долговечности с применением ЭВМ.

Успешная реализация такого подхода зависит также от точности определения спектра эксплуатационных нагрузок, наличия баз данных по предельным характеристикам сопротивления усталости и качества химико-термического упрочнения. Согласно полученным данным ХТО должна обеспечить следующие параметры упрочненного слоя:

- эффективную толщину цементованного слоя до твердости 750HV в пределах (0,05-0,1) модуля зуба; до твердости 700HV - (0,12-0,15) модуля и до твердости 600 HV в пределах (0,20-0,25) модуля;

- содержание остаточного аустенита в структуре дисперсного пластинчатого мартенсита не должно превышать 30-40% на расстоянии от поверхности, равном (0,05-0,1) модуля зуба;

- содержание бейнита в слое обособленных карбидов не более (0,03-0,05) модуля;

- глубину залегания троостита и темной составляющей не более 15 мкм.

Сердцевина зубчатых колес должна иметь мартенситную или мартенситно-бейнитную структуру с твердостью в пределах 30 - 40 HRC₂.

По результатам исследования характеристик сопротивления контактной и изгибной усталости и стендовых испытаниях установлено, что при таком качестве химико-термического упрочнения достигаются пределы усталости при контактом выкрашивании до 1500-1900 Мпа и 1000-1100 Мпа при изгибе, что обеспечивает высокую несущую способность упрочненных зубчатых колес.

Разработка промышленной автоматизированной технологии ХТО включает исследование процессов цементации и закалки легированных конструкционных сталей, закономерностей прокаливаемости этих материалов с учетом специфики применяемых марок сталей, условий их поставки и т.п., а также создание математических моделей процессов химико-термического упрочнения и отработку систем автоматического регулирования углеродного потенциала технологических атмосфер и других параметров процесса.

Высокий уровень современных технологий ХТО позволяет более целенаправленно проводить разработку новых цементуемых сталей, а также является необходимой предпосылкой (основной) для разработки современной нормативно-технической документации (ГОСТов, ОСТов, СТБ и т.п.), обеспечивающей качество техники на уровне ведущих фирм промышленно развитых стран.

НОВЫЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ ДОЛГОВЕЧНОСТИ И КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ КАТАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ

Суслов А. Г. (БГТУ, г. Брянск, Россия)



A new approach on improving serviceability and quality of surface of rolling of rail, which is based on the latest achievements of tribotechnology is suggested in the report.

В процессе эксплуатации на поверхности катания железнодорожных рельсов появляются дефектный (с микротрещинами) поверхностный слой толщиной 0,05...0,3 мм и продольная волнистость высотой от 0,02 мм до 1 мм и шагом от 5 мм до 600 мм. Перенаклепанный дефектный слой приводит к интенсивному износу поверхности катания колеса и к усталостному износу рельса, так как зародившиеся микротрещины получают быстрое распространение при дальнейшей их эксплуатации без ремонта. Волнистость поверхности катания рельсов вызывает вынужденные динамические колебания подвижного состава, что опять приводит к увеличению интенсивности износа железнодорожных рельсов.

Для обработки рабочей поверхности железнодорожных рельсов в эксплуатации применяют различные рельсошлифовальные комплексы. Причем задача этих комплексов заключается в снятии дефектного слоя и продольной волнистости с возвратом сформировавшегося поперечного профиля рельсов к исходному. Учитывая неравномерность износа рельса в поперечном сечении от 0 до 1-2 мм, это приводит к снижению производительности шлифования (несколько рабочих ходов рельсошлифовального комплекса со скоростью 8-11 км/час) и делает его практически неприспособленным для скоростных железных дорог. Причем, формируемый при этом прямолинейно-изогнутый поперечный профиль рельсов вызывает большие напряжения и контактные разрушения в вершинах изогнутости при их эксплуатации после ремонта, что приводит к увеличению интенсивности износа и новому процессу приработки рабочей поверхности катания. Эта технология применяется для капитального ремонта изношенных рельсов с высотой продольной волнистости до 1 мм. В то же время для скоростных железных дорог высота продольной волнистости поверхности катания железнодорожных рельсов не должна превышать 10 мкм, что заставляет искать новые подходы к ремонту рельсов.

Развитие науки о трении и износе за последние 30 лет убедительно показала, что практически все поверхности трения в процессе приработки наряду с оптимизацией их шероховатости и качества поверхности слоя в целом, оптимизируются и по геометрической форме [1, 2]. Это говорит о том, что сформировавшийся в процессе приработки на каждом участке железной дороги поперечный профиль рельса является оптимальным и не подлежит изменению при ремонте. Учитывая это, задачами обработки рабочей поверхности рельса является снятие дефектного слоя и продольной волнистости с сохранением сформировавшегося поперечного профиля. Причем, совершенно очевидно, что процесс должен осуществляться при небольшой величине износа рельсов. В частности для скоростных железных дорог при $W_z < 10$ мкм. Обеспечить это могут новые упругие технологии. Так, для снятия поверхностного дефектного слоя может быть использовано иглофрезерование. При этом выполнение поставленной задачи обеспечивается за счет подбора материала режущих проволочек, их диаметра, рабочей длины, плотности и величины натяга.

Для снятия продольной волнистости возможно применение процесса шлифования специальными брусками с канавками и поперечной осцилляцией. Управление процессом осуществляется подбором зернистости, связи и геометрии брусков, усилием их прижатия, подачей, частотой и амплитудой осцилляции.

Для устранения возможных дефектов, изогнутости поперечного профиля, уменьшения и формирования эксплуатационной шероховатости со следами обработки в продольном направлении применяется лепестковой шлифование. При этом управление процессом производится подбором материала лепестков, их жесткостью, плотностью и натягом.

Данная технология позволяет своевременно убирать дефектный слой и восстановить качество поверхности катания рельса с сохранением сформировавшегося приработанного поперечного профиля со скоростью до 30 км/ час, что делает ее пригодной и для скоростных железных дорог.

Для реализации этого технологического процесса текущего ремонта рельса необходимо создание специальных рельсообрабатывающих комплексов. Предварительные проработки показывают, что этот комплекс может состоять из 3^х автономных рабочих вагонов, каждый из которых предназначен для выполнения определенных операций: иглофрезерования, шлифования и лепесткового полирования. Индивидуальные электроприводы силовых головок работают от компактного дизельгенератора. Которым оснащен каждый рабочий вагон. Обслуживание каждого вагона осуществляется оператором, а централизованное управление всеми технологическими операциями производится через ЭВМ.

Для своевременного обнаружения отклонений в технологическом процессе (разрушение шлифбруска) необходима система диагностики каждой силовой головки, связанной с ЭВМ управления технологическим процессом, размещенной в локомотиве. Совершенно очевидно, что управление процессом обработки должно быть увязано с системой управления локомотивом.

Предварительные расчеты показывают, что данный рельсообрабатывающий комплекс будет дешевле и производительнее существующего рельсошлифовального комплекса (ОО БМЗ). Одновременно, в значительной мере, будет повышена долговечность рельсов на прямолинейных участках, так как уменьшается толщина снимаемого слоя при обработке и практически устраняется приработочный износ рельсов после ремонта. Все это говорит о возможности создания нового, конкурентоспособного рельсообрабатывающего комплекса XXI века, базирующегося на последних достижениях триботехнологической науки.

Список литературы: 1. Сулов А. Г., Горленко А. О., Хованский В. И. Триботехнология - резерв повышения конкурентоспособности машин. Материалы международного научно-практического симпозиума «Славянотрибо 4. Трибология и технология», книга 3, 1997. Рыбинск. - с 77-80. 2. Шульц В. В. Форма естественного износа деталей машин и инструментов. -Л.: Машиностроение, 1990.- 208 с.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЛИЯНИЯ ДЛЯ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ БАЛОК НА УПРУГИХ ОПОРАХ

Сухин Н.В., Решевский А.П. (ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

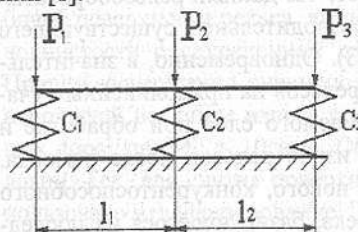
The account the statically indeterminate of beams on elastic support is integrated with difficulties in definitions of factors of influence. For definitions of latter the universal method suitable for beams with any kind of fastening is developed.

Решение задач связанных с исследованием и расчетом деформируемых конструкций невозможно без определения коэффициентов влияния (жесткости). Ранее разработанные методы (интеграл Мора, правило Верещагина) не позволяют определить коэффициенты влияния для статически неопределимых балок на упругих опорах. Поэтому целью нашей работы

явилась разработка универсального метода определения коэффициентов влияния.

Для определения коэффициентов влияния предложен следующий метод.

Перемещение точек 1, 2, 3 для трех опорной невесомой балки жесткостью EJ с нагрузками P_1, P_2, P_3 (рис.1) определяются системой уравнений [1]:



$$\begin{cases} y_1 = P_1 \cdot \delta_{11} + P_2 \cdot \delta_{12} + P_3 \cdot \delta_{13}; \\ y_2 = P_1 \cdot \delta_{21} + P_2 \cdot \delta_{22} + P_3 \cdot \delta_{23}; \\ y_3 = P_1 \cdot \delta_{31} + P_2 \cdot \delta_{32} + P_3 \cdot \delta_{33}, \end{cases} \quad (1)$$

где y_1, y_2, y_3 - перемещение точек 1, 2, 3;
 P_1, P_2, P_3 - внешняя нагрузка в соответствующей точке;

$\delta_{11}, \delta_{12}, \dots, \delta_{32}, \delta_{33}$ - коэффициенты влияния балки.

Приравняв силу $P_1=1$, а силы $P_2=P_3=0$ получаем первую строку матрицы коэффициентов влияния:

$$\delta_{11}=y_1; \delta_{12}=y_2; \delta_{13}=y_3.$$

При $P_2=1$ и $P_1=P_3=0$ - вторую строку: $\delta_{21}=y_1; \delta_{22}=y_2; \delta_{23}=y_3$.

При $P_3=1$ и $P_1=P_2=0$ - третью строку: $\delta_{31}=y_1; \delta_{32}=y_2; \delta_{33}=y_3$.

Следовательно, для расчета коэффициентов влияния необходимо вычислить абсолютные перемещения точек 1, 2, 3 от единичной вертикальной силы, приложенной последовательно в каждой точке.

Для определения перемещений использован метод начальных параметров.

Рассмотрим схему единичного нагружения в точке 1. При следующих начальных условиях:

1) изгибающие моменты на концах балки равны 0, т.е. $M_1=M_3=0$;

2) перемещения на опорах выражаются через реакции опор:

$$y_1=-R_1/C_1; y_2=-R_2/C_2; y_3=-R_3/C_3, \quad (2)$$

где R_1, R_2, R_3 - реакции опор, Н.

Запишем уравнения прогибов для 2-ой и 3-ей опор [2]:

$$y_2 = y_1 + \alpha_1 \cdot l_1 + \frac{R_1 \cdot l_1^3}{6 \cdot E \cdot J} - \frac{P_1 \cdot l_1^3}{6 \cdot E \cdot J}; \quad (2)$$

$$y_3 = y_1 + \alpha_1 \cdot (l_1 + l_2) + \frac{R_1 \cdot (l_1 + l_2)^3}{6 \cdot E \cdot J} + \frac{R_2 \cdot l_2^3}{6 \cdot E \cdot J} - \frac{P_1 \cdot (l_1 + l_2)^3}{6 \cdot E \cdot J}, \quad (3)$$

где α_1 - начальный угол поворота в точке 1.

Уравнения (3) и (4) содержат 4-е неизвестных переменных: перемещение в узловых точках y_1, y_2, y_3 и начальный угол поворота α_1 . В качестве недостающих уравнений запишем выражение моментов относительно 1-ой опоры и уравнение сил:

$$R_2 \cdot l_1 + R_3 \cdot (l_1 + l_2) = 0; \quad (4)$$

$$R_1 + R_2 + R_3 = P_1. \quad (5)$$

Выразив реакции опор через прогиб, подставив в уравнения (2), (3), (4), (5) и преобразовав их, окончательно получим систему:

$$\begin{cases} \alpha_1 \cdot l_1 + y_1 \cdot \left(1 - \frac{C_1 \cdot l_1^3}{6 \cdot E \cdot J}\right) - y_2 = \frac{l_1^3}{6 \cdot E \cdot J}; \\ \alpha_1 \cdot (l_1 + l_2) + y_1 \cdot \left(1 - \frac{C_1 \cdot (l_1 + l_2)^3}{6 \cdot E \cdot J}\right) - \frac{y_2 \cdot C_2 \cdot l_2^3}{6 \cdot E \cdot J} - y_3 = \frac{(l_1 + l_2)^3}{6 \cdot E \cdot J}; \\ y_2 \cdot C_2 \cdot l_1 + y_3 \cdot C_3 \cdot (l_1 + l_2) = 0; \\ y_1 \cdot C_1 + y_2 \cdot C_2 + y_3 \cdot C_3 = -1. \end{cases} \quad (6)$$

Из системы уравнений (6) находим коэффициенты влияния с индексом 1. Приравняв $P_2=1$ ($P_1=P_3=0$), а затем $P_3=1$ ($P_1=P_2=0$) определяем остальные коэффициенты влияния.

Определение коэффициентов влияния точек на межопорных промежутках производится путем установки фиктивных упругих опор с нулевыми жесткостями.

Предложенный метод легко реализуется на ЭВМ и пригоден для балок с любым видом закрепления.

Список литературы: 1. Писаренко Г.С., Агарев В.А., Квитка А.А. и др. Сопротивление материалов. - Киев: Вища шк.- 5-е изд., перераб и доп. - 1986. - 775с. 2. Сопротивление материалов. Специальный курс. Метод начальных параметров. Учеб. пособие /Ф.Л. Шевченко, С.А. Жеданов - К.: УМК ВО. 1992.

К ВОПРОСУ О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ПО АНАЛИЗУ ГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Сысоев Ю.С. (ВИНГТУ, г. Волгодонск, Россия)

It is proposed to enlarge the class of base surfaces being used to analyze the

Настоящие предложения по совершенствованию нормативной базы связаны с развитием методологии базирования крупногабаритных тяжелых деталей и их заготовок. Базирование крупногабаритных заготовок корпусных деталей энергетического машиностроения обладает спецификой, отличающей его от базирования изделий небольших размеров и состоящей в экономической целесообразности постановки, формализации и решения задачи выбора технологической базы для каждого отдельного изделия. Например, при изготовлении корпуса реактора ВВЭР-1000, вес которого составляет около 300 тонн, из-за огромных припусков до 40% металла уходит в стружку, а суммарный вес слитков металла, из которых изготавливается корпус реактора в три раза превосходит вес самого корпуса. Поэтому перспективным направлением работ по сокращению расходов является совершенствование контрольных и подготовительных операций, связанных с установкой заготовок указанных изделий при механической обработке их поверхностей в такое положение, при котором распределение припуска является оптимальным, с последующей выработкой рекомендаций по уменьшению припусков на мехобработку.

В ряде монографий (например, [1]) даются рекомендации по базированию заготовок крупногабаритных изделий. Базирование предлагается проводить после предварительной разметки, причем разметку рекомендуется осуществлять с учетом перекосов, смещений и других дефектов формы заготовки, чтобы исправить указанные недостатки во время обработки и получить деталь требуемых размеров. Однако, каким образом учесть указанные дефекты геометрической формы заготовки при разметке и последующем базировании практических рекомендаций не дается.

На практике, как правило, производят базирование с выверкой, которое можно охарактеризовать, как метод последовательных пошаговых "материальных" перемещений заготовки к требуемому положению, что приводит, во-первых, к очень длительной процедуре базирования (Например, нормативное время базирования одной обечайки реактора ВВЭР-1000 составляет 6 часов), а во-вторых, и это главное, к тому, что при выборе технологической базы при таком базировании руководствуются не оптимизацией распределения припуска по обрабатываемой поверхности, а возможностью и удобством базирования. Зачастую, выбор технологической базы, продиктованный практическими возможностями базирования, закрепляется последующими теоретическими рекомендациями. Например, при обработке на карусельном станке наружной поверхности цилиндрической

заготовки типа вала или цилиндрической полости на практике в качестве технологической базы выбирается ось прилегающего цилиндра. Это объясняется тем, что на практике, не проводя никаких измерений и расчетов, по биению поверхности заготовки с помощью ряда последовательных установочных перемещений можно совместить с достаточной точностью указанную ось с осью вращения планшайбы станка. Несмотря на то, что такой подход к выбору технологической базы не приводит к оптимальному распределению припуска по обрабатываемым поверхностям [2], он закреплен существующими теоретическими положениями [3], начиная от расчета минимального припуска и заканчивая прямыми рекомендациями по использованию этих баз.

Совершенно очевидно, что основной информацией для проведения оптимального базирования крупногабаритных деталей и их заготовок является информация о геометрии обрабатываемых поверхностей и их отклонениях от некоторых базовых поверхностей, что объединяет технологическую проблему базирования и метрологическую проблему анализа формы указанных заготовок в общую технологическую проблему. Сформулируем предложения по выбору базовых поверхностей для анализа геометрии наиболее распространенных цилиндрических изделий. Выбор базового цилиндра зависит от функционального назначения измеряемой детали [4]. В тех случаях, когда анализируется поверхность готового изделия предназначенного для работы в подвижных соединениях, для определения качества сопряжения этих поверхностей за базовый цилиндр целесообразно выбирать прилегающий цилиндр, а при создании неподвижных прессовых соединений в качестве базового цилиндра лучше использовать средний цилиндр. Однако при мехобработке, например, заготовки вала нецелесообразно использовать перечисленные базовые цилиндры. Поскольку оптимальной технологической базой при механической обработке поверхности заготовки вала является ось вписанного, а не прилегающего цилиндра [2], то естественно, что для решения вопроса о возможности после механической обработки получить вал требуемого диаметра необходимо проведение анализа цилиндрической поверхности его заготовки относительно вписанного цилиндра, который в этом случае целесообразно выбирать за базовый. Аналогично, при обработке цилиндрической полости в качестве базового цилиндра для анализа обрабатываемой поверхности и целесообразно выбирать описанный, не прилегающий цилиндр.

Такой выбор базовых поверхностей, учитывающий способ базирования заготовок, естественно, повлечет за собой изменения в расчете минимального припуска на основе расчетно-аналитического метода [3]. Согласно этому методу назначаемый минимальный односторонний припуск

определяется по известной формуле:

$$Z_{i\min} = (Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}.$$

Причем величина $\Delta_{\Sigma i-1}$ включает в качестве слагаемого отклонения формы обрабатываемой поверхности. При базировании по оптимальной технологической базе, когда в качестве базового цилиндра выбирается вписанный или описанный цилиндр, лежащий в теле заготовки, составляющей величины $\Delta_{\Sigma i-1}$ будет отклонение от цилиндра, выбранного в качестве базового.

Учитывая сказанное, предлагается в соответствующих стандартах расширить класс базовых поверхностей, дополнив его вписанными и описанными цилиндрическими поверхностями, лежащими в теле детали и рекомендовать их использование для анализа проходящих мехобработку поверхностей заготовок.

Список литературы: 1. Беспалов Б.Л., Глейзер Л.А., Колесов И.М. и др. Технология машиностроения (специальная часть). М.: Машиностроение. 1973. 448с. 2. Сысоев Ю.С., Маневич В.В. Выбор технологической базы при механической обработке крупногабаритных изделий тяжелого машиностроения// Новочерк. гос. техн. ун-т.- Новочеркасск, 1996. 13с. Дел. в ВИНТИ 21.01.97, №230-В97. 3. Кован В.М. Основы технологии машиностроения. М.: Машгиз 1959, 494с. 4. Авдулов А.Н. Контроль и оценка крутлости деталей машин. М. Изд-во стандартов. 1974. 175 с.

НОВЫЕ ВИДЫ ПРОДУКЦИИ ИЗ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

Сытник А. А., Федотьев Н. А., Золотарёв Г. Р.
(ГИЦТС «Светкермет», г. Светловодск, Украина)

Point the main directions of «SRW» the State engineer Center of hard metals «Svetcermet» and the results of their instillation into the production. There is the approximate list the hard metals and others produces which are supplied with the clients.

Государственный инженерный центр твердых сплавов «Светкермет» начал свою деятельность в 1973 году с создания базовой лаборатории Всесоюзного научно-исследовательского и проектного института тугоплавких металлов и твердых сплавов (ВНИИТС) на Днепровском заводе твердых сплавов (ныне Светловодский комбинат твердых сплавов и тугоплавких металлов - СКТС и ТМ). Собственные разработки лаборатории совместно

с разработками ведущих лабораторий ВНИИТС были главными объектами новых технологий и видов продукции по твердым сплавам, режущей, конструкционной, защитной керамике и тугоплавкой проволоки, внедрённых на СКТС и ТМ. В дальнейшем был создан Светловодский отдел, на базе которого был организован инженерный центр. В настоящее время «Светкермет» является ведущим научно-исследовательским предприятием Минпромполитики Украины в области твердых сплавов, композиционных материалов и тугоплавких металлов.

За последние годы в «Светкермете» разработаны новые марки твердых сплавов с повышенной износостойкостью, маловольфрамовые твердые сплавы, более стабильные по свойствам. С учетом отсутствия сырьевой базы в Украине для производства твердых сплавов (вольфрама и кобальта) проведены широкие исследования по обследованию, анализу и паспортизации твердосплавных, вольфрамовых и молибденовых отходов, образующихся в Украине. Затем было разработано несколько технологий переработки этих отходов применительно к условиям ряда металлургических предприятий Минпромполитики.

Имея экспериментальную базу с законченным технологическим циклом, лаборатория твердых сплавов освоила производство и поставляет заказчикам новые виды твердосплавной продукции.

Среди них наиболее интересными и эффективными являются:

- высокоточные поршне-цилиндрические пары для завода «Эталон»;
- специальные резцы для обработки поршней;
- втулки-оправки для калибровки труб различного диаметра;
- «глазки» для свивки кабелей;
- специальные втулки для сварочных электродов;
- длинномерные шлифованные пластины различного назначения и другие нестандартные изделия по чертежам заказчиков.

Вместе с тем «Светкермет» может изготовить и поставить потребителям по существующим ГОСТам твердосплавные пластины для напаиваемого инструмента, неперетачиваемые сменные многогранные пластины (СМП) - заготовки и шлифованные, заготовки волок для волочения проволоки и труб, пластины для деревообрабатывающих пил, изделия твердосплавные для горного инструмента.

На договорных условиях «Светкермет» занимается внедрением прогрессивного инструмента, оснащенного твердыми сплавами и режущей керамикой, для обработки металлов и других материалов.

ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МНОГООРУПЕНЧАТЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ СВОБОДНЫМИ АБРАЗИВАМИ

Тамаркин М.А., Сидилева А.И., Шевцов А.В., Гончаров Г.Г.
(ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, Россия)

The multistep processing free abrasive is one of effective ways of the decision of complex(difficult) technological problems in the field of finishing processing of details. The basic problem is creation of a technique of designing of multistep processes and theoretical dependences allowing to expect and to optimise the basic parameters of processing.

Решение сложных технологических задач в области отделочной обработки деталей, связанное с получением высокого качества обработанной поверхности при грубой исходной шероховатости, позволяет осуществить многоступенчатая обработка свободными абразивами. Критериями применения многоступенчатой обработки могут служить невозможность получения заданного показателя качества поверхности за одну ступень обработки или слишком большое, экономически не целесообразное время одноступенчатой обработки.

Имея в своем арсенале несколько методов обработки деталей свободными абразивами при проектировании технологического процесса технолог решает следующие вопросы:

1. Какой метод обработки и, следовательно какую технологическую систему применить для обработки поверхности той или иной детали.
2. Когда недостаточно одноступенчатой обработки и требуется последовательное применение нескольких технологических систем.
3. Как определить необходимую и достаточную последовательность методов обработки, называемую планом обработки поверхности.
4. Как провести параметрическую оптимизацию режимов обработки и характеристик рабочих сред на каждой ступени и определить оптимальные точки перехода со ступени на ступень.

Методы обработки деталей свободными абразивами относятся к безразмерным. Поскольку для этих методов в литературных источниках нет методик проектирования, то мы построили свою методику проведя частичную аналогию с обработкой деталей лезвийным инструментом.

Одной из характеристик любой технологической системы является уточнение. Учитывая безразмерный характер обработки свободными абразивами его можно записать в следующем виде:

$$\varepsilon_{TC} = \frac{\omega \Pi K_{заг}}{\omega \Pi K_{дет}}, \quad (1)$$

где $\omega \Pi K_{заг}$ - поле рассеяния показателя качества заготовки;
 $\omega \Pi K_{дет}$ - поле рассеяния показателя качества детали.

В силу характера обработки величина ε_{TC} не может быть бесконечной. А следовательно возникает необходимость применения нескольких последовательно реализуемых технологических систем.

В построении технологического процесса размерной обработки понятия допуска на размер широко применяется. Шероховатость поверхности, являющейся одним из основных показателей качества поверхности детали, регламентирует ГОСТ 2789-73, использующий понятие классов и разрядов. Под разрядами и классами понимается определенный интервал значений параметров R_a и R_z . Опираясь на эти интервалы мы используем диапазон разряда шероховатости поверхности как поле допуска. В качества номинального размера показателя R_a берется середина разряда, в пределах которого находится заданный параметр. Верхнее и нижнее отклонения соответственно будут равны половине интервала разряда.

Работа технолога по проектированию многоступенчатого процесса обработки деталей свободными абразивами может быть представлена следующей последовательностью:

1. Выбирается МО и ТС, которые обеспечивают достижение заданного показателя качества поверхности, $\omega R_{а\text{дет}} \leq T R_{а\text{зад}}$. Выбранная таким образом ТС будет работать последней, т.е. имеет номер N .

2. Затем по формуле $\omega R_a^{ucxN} = T R_a^{зад} \varepsilon_{TC}$ ориентировочно определяется значение исходной шероховатости поверхности для N -ной ступени. В дальнейшем производится корректировка R_a^{ucxN} оптимизационными методами.

3. Определяется исходная шероховатость поверхности N -ной ступени одновременно является результатом обработки на $N-1$ ступени, т.е. $\omega R_a^{ucxN} = \omega R_a^{зад N-1}$. Таким образом, выбираются МО и ТС, которые могут обеспечивать достижение шероховатости поверхности $\omega R_a^{ucxN} \geq \omega R_a^{зад N-1}$.

4. Далее вычисляется ориентировочное значение шероховатости поверхности детали, являющейся условно исходной для $N-1$ ступени и достигаемой для $N-2$: $\omega R_a^{дет N-2} = \omega R_a^{uc N-1} = T R_a^{uc N-1} \varepsilon_{TC}^{N-1}$.

$$\text{Если } \omega R_a^{ucxN-1} \leq T R_a^{ucx} \quad (2)$$

то весь процесс достижения шероховатости поверхности детали может быть реализован двумя последовательно работающими ТС, т.е. $N=2$.

Если же условие не выполняется, то выбирается еще одна ТС и так до тех пор, пока условие типа (2) не будет достигнуто.

Перебор всех коэффициентов уточнения и соответствующих им МО и ТС представляет собой трудоемкую задачу, которая может быть решена оптимизационными методами.

Каждому сочетанию материала детали и технологических параметров обработки соответствует функция $R_a(t)$, имеющая граничные значения, характеризующие технологические возможности обработки детали в заданных условиях. Функция $R_a(t)$ характеризуется коэффициентом интенсивности. Методика его определения изложена в работе [1]. Величина коэффициента интенсивности зависит от соотношения $R_a^{зад}/R_a^{уст}$ и $R_a^{уч}/R_a^{уст}$. Меняя указанные соотношения, можно получить различные значения коэффициента интенсивности для одних и тех же режимов обработки и характеристик рабочих сред. Для однозначности определения коэффициента интенсивности целесообразно ввести величину называемую "условная исходная шероховатость" - $R_a^{уч, ус}$. Эта шероховатость будет являться предельной для данного сочетания технологических параметров и материала детали. Она определяется технологическими возможностями выбранной ТС. Для однозначности определения коэффициента интенсивности вводится так же соотношение наименьшей заданной и установившейся шероховатости обрабатываемой поверхности. Таким образом, коэффициент интенсивности однозначно определяется режимами обработки, характеристиками рабочей среды и материалом обработанной детали.

Оптимальное время перехода при многоступенчатой обработке выбирается учитывая характер изменения шероховатости во время обработки свободными абразивами.

Целесообразность многоступенчатой обработки может быть оценена выполнением неравенства: сумма времени достижения заданной шероховатости при N -ступенчатом процессе обработки и вспомогательного времени не должна превышать время достижения заданной шероховатости при $N-1$ -ступенчатом процессе.

Список литературы: 1. Тамаркин М.А. Технологические основы оптимизации процессов обработки деталей свободными абразивами. Дис. ... докт. тех. наук: 05.02.08 - Ростов-н/Д, 1995, 298с.

МАШИНОБУДІВНИЙ КОМПЛЕКС УКРАЇНИ:

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Тернюк М.Е. (ІМіС, м. Харків, Україна)

По географічному положенню, наявності природних ресурсів (залізних, марганцевих та інших руд, коксівного вугілля), науково-промисловій інфраструктурах, що історично склались, Україна може кваліфікуватись, як держава з особливо сприятливими умовами для розвитку машинобудування. Це є об'єктивним підґрунтям для вибору Україною головною стратегією свого розвитку інноваційно-технологічну стратегію. В наслідок сказаного машинобудування для України є не тільки виробничо-економічним, а і стратегічним соціально-політичним чинником.

Найвний машинобудівний потенціал України сформувався, в основному, за останні 50 років. Проте цей потенціал створювався не як цілісний машинобудівний комплекс України, а як частина народногосподарського комплексу колишнього СРСР.

На 01.04.98 року безпосередньо у машинобудівному комплексі України налічувалось близько 2,1 тисячі підприємств, в т.ч. 360 конструкторсько-технологічних та наукових організацій й більш, ніж 1,5 млн. чоловіків працюючих. Серед них – 280 тисяч наукових працівників, 1500 кандидатів і докторів наук.

Враховуючи досить високий освітній та професійний рівень працівників, у відповідність з названою чисельністю можна визначити його потенційні можливості з випуску товарної продукції по кадровому фактору на рівні 45-50 млрд. долл. США на рік.

Виробничні потужності машинобудівного комплексу сконцентровані на підприємствах з різною чисельністю працівників з віжною сприятливими пропорціями.

Технологічні можливості підприємств машинобудівного комплексу України дозволяють йому виготовляти об'єкти з габаритами від часток міліметра до багатьох метрів, тобто охоплюють абсолютну більшість сучасної техніки. При цьому, в комплексі є виробництва, що можуть працювати на рівні нанотехнологій. В арсеналі засобів – набори всіх відомих базових технологій, що широко застосовуються у світовому машинобудуванні: заготівельні, механообробні, термічні, складальні, нанесення покриттів, випробування і т.п. Це дає можливості утворювати досить ефективні цикли для виготовлення кінцевої продукції.

Разом з тим потужності комплексу ще не мають оптимальної структурованості і збалансованості. Обладнання, яке є у заводів у багатьох ви-

падках застаріле і зношене. Переважно тільки підприємства що належали до колишнього військово-промислового комплексу, мають у своєму розпорядженні знання кількість нового обладнання. Особливістю наявного машинобудівного потенціалу також є його недостатня технологічна гнучкість при відносно високому рівні механізації та автоматизації в підгалузях з масовим і крупно серійним типом виробництва.

Звідси витікає, що виробничі потужності комплексу, не дивлячись на великі потенційні можливості, повинні підлягати подальшій реконструкції технічному переозброєнню.

Номенклатура продукції, що виробляється машинобудівним комплексом України є багатотисячною. По рівню її складності охоплюється весь діапазон можливих значень від найпростіших до найскладніших.

Серед продукції, що має першочергове значення для незалежної держави ракетно-космічна техніка, літаки типу АН-70, АН-74, АН-140, ТУ-334, оборонна техніка, включаючи військово-гусеничні машини, легкові, вантажо-пасажирські автомобілі, автобуси, автовантажувачі, трактори, сільськогосподарські та харчопереробні машини, танкери, сухогрузи, пасажирські морські та річкові судна, турбіни газові та гідравлічні, газоперекачувальне та нафтопереробне устаткування, гірнична техніка, екскаватори, прокатне обладнання, устаткування для металургії. Значна частка продукції за своїм технічним рівнем і якістю є конкурентоспроможною на світовому ринку. Експорт продукції машинобудівного комплексу має стійку тенденцію до зростання.

Наведені вище особливості машинобудівного комплексу, особливо інституціональних, відсутністю сприятливого оподаткування і можливостей довгострокового кредитування, надійного гарантування інвестицій, хронічним дефіцитом обігових коштів, непропорційно високими цінами на енергоносії і недосканалістю системи управління призвели до того, що показники використання наявних виробничих площ, цілих підрозділів підприємств, багатьох виробництв, їх кадрового потенціалу не відповідають проектним у 3-20 разів. Але, разом з тим в кінці першого кварталу поточного року відбулася стабілізація практично по всіх підгалузях машинобудування. По деяких підгалузях (авіакосмічній, важкого машинобудування та інших) і окремих регіональних комплексах відмічається зростання обсягів виробництва. Абсолютна більшість всіх підприємств підгалузей є працюючою, хоча деякі підприємства працюють по неповному робочому графіку.

Аналіз показує, що головні причини незадовільного стану машинобудівного комплексу криються не стільки в притаманних йому властиво-

стях, скільки в оточуючому середовищі. Вирішення проблем середовища дозволить йому ефективно реалізувати свій потенціал.

Зараз ведуться роботи по удосконаленню як середовища, так і машинобудівного комплексу.

Найважливіші з них спрямовані на створення:

- ефективної законодавчої і нормативної баз;
- сприятливих умов для дій інвесторів (в тому числі іноземних);
- розвинутої фінансово кредитної системи до довгострокового великомасштабного кредитування в тому числі міжгалузевих проектів;
- умов для реструктуризації підприємств галузі;
- умов для реалізації розширеного відтворення підприємств комплексу.

Це дозволить перейти від стабілізації функціонування до стабілізації розвитку машинобудівного комплексу.

Розвиток машинобудівного комплексу України базується на концепції державної промислової політики України, Програмі дій Уряду, державних програмах розвитку окремих підгалузей, заходах із пріоритетних напрямків структурної перебудови та розвитку окремих підприємств.

У найближчі роки машинобудівний комплекс України повинен перейти у нову фазу свого розвитку. Головна її особливість — наявність збалансованої, цілісної структури науково-виробничих потужностей та системи її управління, здатної у найкоротші терміни реалізувати повні інвестиційні цикли по розробці і випуску з оптимальною міжнародною кооперацією конкурентоспроможної продукції для задоволення потреб внутрішнього і зовнішнього ринків.

Чергові кроки перебудови та подальшого розвитку машинобудівного комплексу вимагають перш за все прискорення інституціональних перетворень, націлених на впровадження сучасних технологічно-технічного, організаційного, економічного, управлінського та промислового укладів. Виробничі потужності при цьому повинні змінити свої пропорції, зв'язки, інтегруватись у більш розвинені ринкові структури. Це означає нагальну потребу прискоренні реструктуризації, створенні холдінгів, промислово-фінансових груп, а в перспективі і технопарків, технополісів та інших сучасних форм, що забезпечують поєднання виробництва, фінансів та соціальних можливостей. По структурі продукції машинобудівних підприємств потрібен перехід від орієнтації на інструментальні та агрегатні вироби чи окремі машини багатовимірних систем машин. Тобто, машинобудування повинно змінити зміст своєї діяльності, розширити свої функції, структуру і результати діяльності.

Впродовж вказаної фази розвитку одночасно з законодавчими та урядовими актами у машинобудівному комплексі потрібні такі першочергові дії, які спрямовані на:

- подолання кризових явищ у виробництві активізацію відтворювальних процесів, в тому числі шляхом модернізації та технічного переоснащення виробництв, застосування нових технологій, подальшої комп'ютеризації та інформатизації;

- виділення спеціалізованих підрозділів або виробництв, які відповідають вимогам промислової політики держави і найбільш привабливі для інвестування є ринково мобільними;

- створення науково обгрунтованої системи поточного управління галуззю та підприємствами в ринкових умовах і системи управління їх розвитком;

- збереження, розвиток та максимальне використання інтелектуального потенціалу наукових і проєктних інститутів, високої кваліфікації технічного персоналу і робітників та можливостей систем контролю якості продукції, особливо на підприємствах колишнього військово-промислового комплексу, що конвертують свої виробництва;

- покращення міжгалузевої кооперації, більш ефективного задіяння системи виробничого сервісу та можливостей лізингових компаній, максимальне використання інвестиційного потенціалу регіонів для розвитку малого та середнього бізнесу;

- збільшення привабливості машинобудівних підприємств для інвестицій з іноземними партнерами.

При подальшому реформуванні і вдосконаленні в Україні систем, що впливають на машинобудівний комплекс, створені сприятливого інвестиційного клімату, прискоренний перехід цього комплексу у нову фазу свого розвитку може бути реалізований зі значним прибутком для машинобудівників, інвесторів і держави в цілому.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЦИКЛОВОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ НА АГРЕГАТНЫХ СТАНКАХ

Тимофеев Ю.В., Приходько О.Ю. (ХГПУ, г. Харьков, Украина)

The mathematical model of circular productivity of processing on unit-building machine tool is offered.

Главным технико-экономическим показателем агрегатного станка является его производительность. Производительность станка зависит от принятых режимов резания, определяющих время рабочего хода, и затрат времени на вспомогательные перемещения и замену обработанной детали на заготовку, если это время не совмещено с обработкой.

Производительность обработки является количественным признаком основных вариантов технологической структуры

$$Q = 1/(t_0 + t_e), \quad (1)$$

Как известно, количественным признаком классов процессов обработки являются формулы основного времени. Множество вариантов различных сочетаний инструментальных переходов будет состоять из комбинации рассматриваемых классов и подклассов. Последовательный способ совмещения инструментальных переходов обозначается, как I класс для группы соосных поверхностей (ГП), и как подкласс А для элементарных поверхностей (ЭП). Соответственно, параллельно последовательный - II класс и Б подкласс, параллельный - III класс и В подкласс.

Различные сочетания классов и подклассов могут образовывать девять возможных вариантов: I - А, I - Б, I - В, II - А, II - Б, II - В, III - А, III - Б, III - В.

Для обработки ЭП или ГП при последовательном исполнении инструментальных переходов основное время

$$t = \sum_{j(i)=1}^{N_1(N_2)} t_{0j(i)}, \quad (2)$$

где N_1 и N_2 - соответственно, количество ЭП и ГП при последовательном исполнении инструментальных переходов; t_{0j} - j -ая ЭП; t_{0i} - i -ая ГП.

Аналогично основное время для параллельных инструментальных переходов:

$$t = t_{0j(i)}^{\max}, \quad (3)$$

В случае параллельно-последовательного исполнения инструментальных переходов

$$t = \sum_{j(i)=1}^{M_1(M_2)} t_{0j(i)}^{\max}, \quad (4)$$

где M_1 и M_2 - количество ЭП и ГП, обработка которых выполняется последовательно ($M_1 < N_1$ и $M_2 < N_2$). Структура формул основного времени для вышеуказанных сочетаний зависит от значений N_1 , N_2 , M_1 , M_2 . В качестве исходной может быть принята формула:

$$t = \sum_{j=1}^{N_1} \left(\sum_{j=1}^{M_1} \sum_{i=1}^{N_2} \sum_{i=1}^{M_2} t_{0ji}^{\max} \right), \quad (5)$$

Анализ циклограмм работы силовых узлов агрегатных станков среднего размера показал, что в зависимости от выполняемой операции, от вида и конструкции рабочего органа, выполняющего технологический переход, основное время цикла складывается из суммы времен рабочих ходов инструмента и, иногда, из времени выстоя, который обычно выполняется посредством жесткого упора (ЖУ):

$$t_{0j} = t_{0i} + \dots + t_{0n} + t_{жу}, \quad (6)$$

где n - количество рабочих ходов цикла. Из анализа типовых циклов работы агрегатных станков видно, что вспомогательное время зависит от времени быстрых подводов (БП) и отводов (БО), рабочих отводов (РО).

Вспомогательное время технологического цикла обработки

$$t_{ej} = \sum t_{en} + \sum t_{eo} + t_{po}, \quad (7)$$

По структуре вспомогательного времени технологические процессы обработки делятся на две группы: I - прерывная обработка с несовмещенным временем t_{yc} установки и съема детали; II - прерывная обработка с совмещенным t_{yc} .

Так, при однопозиционной обработке, принадлежащей к I группе, вспомогательное время

$$t_e = t_{yc} + t_{ej}, \quad (8)$$

Вторая группа однопозиционной обработки возможна только при условии наличия свободной загрузочной позиции. Вспомогательное время обработки на станке

$$t_e = t_{ej} + t_{mp}, \quad (9)$$

Для многопозиционной обработки важным становится вид исполнения позиционных переходов: a_{21} - последовательный; a_{22} - параллельно-последовательный; a_{23} - параллельный.

Важное значение имеет также количество установок деталей (для I группы). При обработке с одной установкой t_{ej} суммируется по всем позициям с последовательной обработкой. Кроме того, дополнительно учитывается время транспортирования t_{mp} заготовки между рабочими позициями, включая время возврата ее в исходное положение (от последней позиции к первой):

$$t_e = \sum_{j=1}^{K_{nc}} (t_{ej} + t_{mp j(j+1)}) + t_{yc}, \quad (10)$$

где K_{nc} - количество последовательных позиций обработки.

При многопозиционной обработке вида a_{22} (при одной установке - I группа) появляется дополнительный член $t_{mp}^1(K_{np})$, характеризующий время транспортирования деталей по параллельным позициям (при $K_{np}=1$ $t_{mp}^1(K_{np})=0$). Необходимо отметить, что хотя время $t_{mp}^1(K_{np})$ не суммируется по числу параллельных позиций, оно косвенно зависит от K_{np} , так как K_{np}

в определенной мере влияет на величину шага позиционирования и, следовательно, на время транспортирования

$$t_e = \sum_{j=1}^{K_{nc}} (t_{ej} + t_{mp j(j+1)}) + t_{yc} + t_{mp}^1(K_{np}), \quad (11)$$

Из этой формулы может быть получена зависимость для многопозиционной обработки с одной установкой вида a_{23} , с учетом того, что $K_{nc}=1$:

$$t_e = t_{ej} + t_{yc} + t_{mp}^1(K_{np}), \quad (12)$$

В случае нескольких установок детали в первой группе формулы для a_{21} , a_{22} и a_{23} отличаются от (10), (11), (12) соответственно, тем, что в них время t_{yc} суммируется по (K_y) - установочным позициям. Наряду с этим здесь дополнительно учитываются время ручного переноса t_{mp}^2 деталей между позициями, на которых производится установка (при $K_y=1$ $t_{mp}^2=0$).

Закономерность образования формул заключается в том, что их структура зависит от значений таких параметров технологической компоновки, как K_n (K_{nc} , K_{np}) - количества позиций и K_y - количества установок.

В общем виде величина вспомогательного времени имеет такую

$$\text{структуру: } t_e = \sum_{j=1}^{K_{nc}} (t_{ej} + t_{mp j(j+1)}) + \sum_{i=1}^{K_y} (t_{yci} + t_{mp(i-1)i}) + t_{mp}^1(K_{np}), \quad (13)$$

Во второй группе значения не совмещенного вспомогательного времени могут быть найдены благодаря той же исходной формуле (13), но без учета t_{yc} и t_{mp}^2 , так как они совмещены с основным временем. Значения t_e для группы II не зависят от K_y .

Таким образом, обобщенная формула цикловой производительности примет вид:

$$Q = 1 / \left(\sum_{j=1}^{N_1} \left(\sum_{j=1}^{M_1} \left(\sum_{i=1}^{N_2} \left(\sum_{i=1}^{M_2} y_{0ji}^{\max} + \sum_{j=1}^{K_{nc}} (t_{ej} + t_{mp j(j+1)}) + \sum_{i=1}^{K_y} (t_{yci} + t_{mp(i-1)i}) + t_{mp}^1(K_{np}) \right) \right) \right) \right)$$

Математическая модель цикловой производительности агрегатных станков среднего размера позволила исследовать элементы технологических циклов обработки применительно к конкретным силовым узлам.

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОМЕТРИИ ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

Ткачук Н.А., Устиненко А.В., Казанжиева Т.В., Рубан М.В.

(ХГПУ, г. Харьков, Украина)

The two-parametric gears are provide the regulation of the relative location of gears axes. The method of determination the gear teeth surfaces was developed. The gears models are presented.

При исследовании геометрии двухпараметрических передач рационально использовать кинематический метод, разработанный применительно к пространственным зацеплениям Ф. Л. Литвиным [1]. Его применение и последующая численная реализация [2] дает возможность получить фрагменты рабочих поверхностей зубьев в виде набора точек, в которых выполнены условия сопряжения при взаимном движении колес в зацеплении.

Рассмотрим взаимодействие звеньев двухпараметрического зацепления, звеньями которого являются цилиндрическое и коническое колеса, которые вращаются вокруг скрещающихся осей с передаточным отношением $i = d\varphi_1/d\varphi_2 = z_2/z_1 = \text{const}$, где $\varphi_1, \varphi_2, z_1, z_2$ — углы поворота и числа зубьев звеньев 1 и 2 соответственно. Ориентация цилиндрического колеса следующая: его ось остается параллельной касательной к линии криволинейного зуба на коническом колесе в ближайшей точке на образующей конического колеса. Звено 2 (цилиндрическое колесо) движется относительно звена 1,

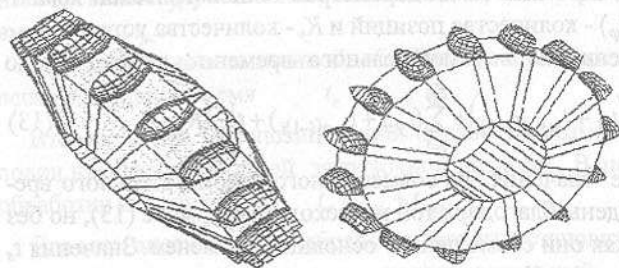


Рис. 1. Модель цилиндрического колеса с круговыми эвольвентными зубьями.

независимы.

Используя численную методику для моделирования поверхностей цилиндрико-конического зацепления, можно получить "чешуйчатую" модель сопряженных поверхностей. На рис. 1, 2 представлены модели поверхностей зубьев цилиндрического и конического колес.

Задаваемая форма зуба цилиндрического колеса получается вращением эвольвенты. Соответствующие точки на коническом колесе образуют топологически регулярную сетку неравномерной густоты.

относительно звена 1, совершая, кроме обкаточного, движение вдоль образующей конуса, определяемое параметром ψ (величина смещения относительно нижнего основания). Параметры ψ и φ

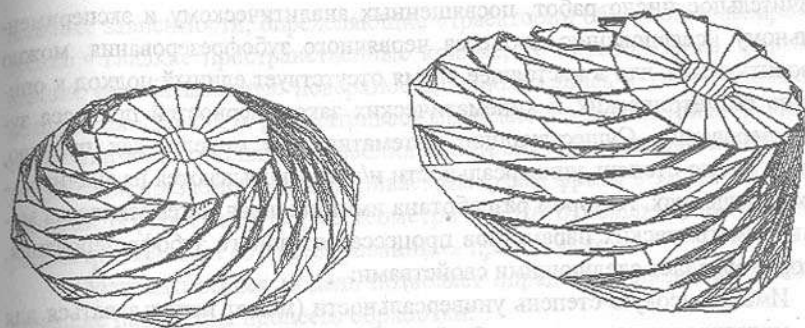


Рис. 2. Модель конического колеса с постоянным нормальным шагом зубьев.

В результате решения задачи искомые поверхности представлены в виде систем сопряженных точек.

Список литературы: 1. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. — М.: Наука, 1968. — 584 с. 2. Трауб Дж. Итерационные методы решения уравнений. — М.: Мир, 1985. — 264 с.

ИМИТАЦИОННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЧЕРВЯЧНОГО ЗУБОФРЕЗЕРОВАНИЯ

Токарев В.В. (ВолгГТУ, г. Волгоград, Россия)

The mathematical model of geometrical parameters of gear hobbing process is described. The proposed model differs from other ones by higher degree of universality and accuracy. Methods of simulation are discussed and fields of model application are outlined.

Червячное зубофрезерование является в настоящее время наиболее универсальным, производительным и точным методом обработки зубчатых колес. В то же время процесс обработки зубчатых колес червячными зуборезными фрезами является одним из наиболее сложных процессов механической обработки с точки зрения его геометрии, кинематики и динамики. Так, геометрическая и кинематическая сложность процесса червячного зубофрезерования обусловлена значительным числом факторов, определяющих особенности формирования срезаемых слоев и характер перемещения инструмента и заготовки в процессе обработки. Несмотря на

значительное число работ, посвященных аналитическому и экспериментальному исследованию процесса червячного зубофрезерования, можно говорить о том, что в настоящее время отсутствует единый подход к описанию геометрических и кинематических закономерностей процесса зубофрезерования. Существующие математические модели, как правило, имеют малую степень универсальности и/или основываются на значительных допущениях. Автором разработана имитационная математическая модель геометрических параметров процесса червячного зубофрезерования, которая обладает следующими свойствами:

1. Имеет высокую степень универсальности (может использоваться для моделирования процесса обработки фрезами на основе эвольвентных, архимедовых и конвольютных червяков; однозаходными и многозаходными фрезами; фрезами в осевыми и винтовыми стружечными канавками; фрезами, имеющими модификацию профиля зуба или протуберанец; может использоваться для моделирования процесса обработки со встречной/попутной, диагональной, тангенциальной, радиальной подачей; для моделирования процесса обработки прямозубых и косозубых колес фрезами как со стандартной, так и с измененными схемами резания).
2. Основана на меньшем количестве допущений, чем известные модели, вследствие чего имеет более высокую точность.

Концептуально, разработанная математическая модель наиболее близка к работам В.Н. Башкирова и G. Sulzer'a. Модель представляет собой совокупность методов и алгоритмов, которые могут быть сгруппированы следующим образом:

1. Методы и алгоритмы построения математической модели фрезы. Каждый зуб фрезы представляется списком точек плоскости (плоским «примитивом»). Количество типов примитивов и количество точек в каждом из примитивов определяется конструкцией фрезы и заданной точностью. Червячная фреза представляется совокупностью примитивов, пространственное размещение которых определяется конструкцией инструмента.
2. Методы моделирования перемещений инструмента и заготовки (реализованы в «алгоритме прямой трассировки» зубьев фрезы).
3. Методы оценки мгновенного состояния процесса обработки (реализованы в «алгоритме обратной трассировки» зубьев фрезы).

Методы и алгоритмы оценки мгновенного состояния процесса обработки основаны на восстановлении формы поверхности, обрабатываемой каждым из зубьев фрезы в каждый из моментов времени. Для восстановления формы обрабатываемой поверхности используются функцио-

нальные зависимости, определяющие «траектории обратной трассировки» зубьев - гладкие пространственные кривые, по которой зубья, формировавшие обрабатываемую поверхность, приближались к тому положению, которое оно заняли в рассматриваемый момент времени (рис. 1). Применение указанного подхода позволило построить операционное определение слоя, срезаемого рассматриваемым зубом фрезы в заданный момент времени обработки, в форме геометрического отношения, заданного на рассматриваемом и «оттрассированных» примитивах.

Математическая модель позволяет определять следующие геометрические параметры процесса обработки:

1. Мгновенную толщину срезаемого слоя, мгновенные значения кинематических передних и задних углов в любой точке режущей кромки любого зуба червячной фрезы для любого момента времени обработки.
2. Площадь слоя, срезаемого любым зубом, любой группой зубьев, всеми зубьями червячной зуборезной фрезы как функцию времени обработки.
3. Объем металла, удаляемого из впадины зуба колеса любым зубом червячной фрезы.
4. Кроме того, предлагаемые методы позволяют строить плоские «картины резания» для любого зуба фрезы и любого момента обработки.

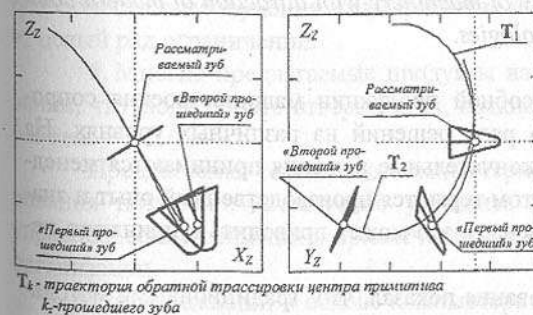


Рис. 1. Траектории обратной трассировки «прошедших» зубьев.

Могут быть выделены следующие предметные области, в которых применение разработанной математической модели может представлять научную и практическую ценность:

1. Автоматизированное проектирование червячных зуборезных фрез, параметрическая оптимизация схемы резания чер-

вячной зуборезной фрезы. В качестве критерия оптимизации параметров схемы резания может использоваться условие разделения «Г-образных» срезаемых слоев зубьями фрезы, критичными с точки зрения износа.

2. Определение параметров (коэффициентов, показателей степени) эмпирических зависимостей характеристик процесса резания (составляющих силы резания, мощности резания, параметров износа) в той части, в которой они зависят от геометрических параметров процесса обработки (модуля, числа зубьев фрезы и колеса, величин подачи и т.д.). Сокращение объема экспериментальных исследований.
3. Оптимизация технологических операций зубофрезерования по условию равномерности загрузки зубьев фрезы.
4. Исследование причин и построение моделей износа зубьев червячных зуборезных фрез.
5. Использование в интеллектуальных информационно-измерительных системах динамических параметров процесса червячного зубофрезерования в качестве источника априорной и текущей информации о поведении объекта измерений.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЙ В ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДИКИ КОМПЬЮТЕРНОГО ИННОВАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Толстиков А.А., Ковалевский С.В. (ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Technique computer innovation of modelling, allowing is offered to decide complex problems in technology of machinery with attraction of modern computer and communication technologies.

Выпуск конкурентоспособной продукции машиностроения сопровождается принятием целого ряда решений на различных уровнях. На производстве, как правило, окончательные решения принимаются менеджерами высшего звена. При этом теряются производственный опыт и знания специалистов среднего звена, и это может приводить к принятию неоптимальных решений.

Анализ объекта исследования показал, что традиционными методами коллективной работы [1] по принятию решений (деловые игры, имитационные игры, организационно-деятельностные игры) имеют ряд недостатков:

1. Не используют современных компьютерных и информационных технологий.
2. Требуют значительных организационных затрат (временных и материальных).

3. Не дают достаточно объективных результатов, так как при выработке решений большое влияние оказывают психологические факторы коллективной работы.

4. Требуют привлечения специалистов-психологов для формирования групп.

5. Достаточно большая продолжительность.

Существуют также автоматизированные системы принятия решений, использующие теорию искусственного интеллекта, нечетких множеств [2]. Их недостатки, по мнению авторов, заключаются в следующем:

1. Большая трудоемкость и длительность разработки подобных систем.

2. Обязательное наличие актуализируемых баз данных и знаний, что в условиях постоянно меняющегося характера производства, подстраивающегося под рыночные условия, довольно затруднительно.

3. Ограниченное число специалистов (инженеры по знаниям, программисты, владеющие методами создания интеллектуальных систем), способных поддерживать и развивать такие системы.

4. Низкий уровень мобильности и универсальности для такой области как технологии машиностроения. При изменении специфики, характера и условий среды функционирования, для которых создавалась система, требуются значительные временные и материальные затраты на администрирование источников ее знаний (баз данных и знаний), поскольку способность самообучения и саморазвития интеллектуальных систем имеет целый ряд ограничений.

5. Многие предлагаемые продукты настолько сложны в использовании, что люди просто отвергают их, предпочитая традиционные методы работы.

Предлагаемая технология компьютерного инновационного моделирования позволяет качественно улучшить процесс принятия сложных управленческих решений с привлечением к нему лучших творческих сил организации.

Метод, лежащий в основе компьютерного инновационного моделирования использует элементы искусственного интеллекта, инновационных игр, теории нечетких множеств, построения экспертных оценок и учитывает их недостатки.

Основные особенности моделей, применяемых в технологии компьютерного инновационного моделирования:

1. Высокая степень адаптируемости и динамичности.
2. Многовариантность решений.

3. Наличие определенной цели. Она достигается путем четкой постановки задачи.

4. Наличие технических средств поддержки модели (персональный компьютер, специализированное программное обеспечение, включающее подсистему регистрации и анализа решений вывода данных).

5. Наличие системы экспертной оценки результатов моделирования.

При компьютерном инновационном моделировании выработка решения является процедурой оптимизации при одновременном "прочувствовании" всеми заинтересованными в моделировании лицами, принимающими решение (ЛПР) и потому становятся приоритетными в исполнении.

В качестве объектов компьютерного инновационного моделирования могут выступать сложные системы и процессы. Технологический процесс представляет собой яркий пример многовариантного и трудноформализуемого объекта, характерными особенностями которого служат: отсутствие строгих аналитических зависимостей; сложная взаимосвязь и взаимное влияние отдельных задач; большая роль эмпирики и существование неявных объективных законов; сложная логическая структура и сложное логическое содержание; наличие огромных информационных потоков и влияющих друг на друга факторов; недостаточность имеющихся к началу проектирования исходных данных и технических ограничений для получения технологических решений требуемой степени детализации; необходимость учета изменений производственной обстановки на предприятии [3].

Процесс принятия решения с использованием технологии компьютерного инновационного моделирования предполагает коллективную работу группы специалистов различного уровня, имеющих отношение к решаемой задаче, с использованием современных компьютерных и коммуникационных средств. Это позволяет решать сложные производственные проблемы достаточно оперативно и объективно, с привлечением большого числа специалистов без отрыва их от производства на длительное время. Авторы считают, что преимущества предлагаемого подхода в следующем:

1. Значительное ускорение хода игры за счет использования возможностей персональных компьютеров, объединенных локальной сетью.
2. Высокие степень объективности, скорость и качество получаемых результатов.
3. Возможность применения современных автоматизированных методов сбора, учета и обработки информации.

4. Возможность привлечения в кратчайшие сроки большого числа специалистов из различных подразделений, имеющих прямое отношение к решаемой задаче, благодаря применению современных сетевых технологий.

Список литературы: 1. Платов В.Я. Деловые игры: разработка, организация и проведение: Учебник. — М.: Профиздат, 1991.—192 с. 2. Амрахов И.Г., Павлов И.О. Анализ технологических решений в условиях неполной исходной информации //Вестник машиностроения.— 1997. — №4. — с. 33-34. 3. Автоматизация проектирования технологии в машиностроении /Б.Е. Челищев, И.В. Бобров, Ю.А. Косенков, А. Гонсалес-Сабатер; Под ред. Н.Г. Бруевича. М.:Машиностроение.1987.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНООБРАБОТКИ

Толстикова В.Б., Ковалевский С.В. (ДГМА, г. Краматорск, Украина)

In work valuation well regulation technological processes is carried out. Is evaluated them optimum condition. Restrictions are defined at optimisation.

В условиях рыночной экономики становится актуальной проблема выпуска продукции в соответствии с программой выпуска, с жесткими требованиями относительно качества и в условиях ограниченных ресурсов. Выпуск конкурентоспособной продукции должен осуществляться в сроки, строго регламентированные контрактом.

Превышение технологического времени выпуска продукции, нарушение характеристик качества и параметров надежности влечет за собой увеличение затрат, что абсолютно неприемлемо в данных экономических условиях, когда главным результатом производства должны быть: покрытие экономических издержек, выплаты заработной платы, ренты, процентов по ценным бумагам и получение прибыли. Нарушение времени выпуска изделия, обусловленное нестабильностью технологического процесса, ведет к финансовым потерям. Таким образом, технологическое время выпуска наряду с другими параметрами является критерием стабильности технологического процесса при воздействии помех. Поэтому важно обеспечить стабильность техпроцесса еще на этапе его проектирования путем проведения его ранней диагностики.

Для этого авторами создана система моделирования стабильности технологических процессов NOISPROOF_TP, которая позволяет:

1. Выявить нестабильные звенья техпроцесса на основе анализа состояния параметров системы СПИД.
2. Сгенерировать внешние воздействия (помехи), которым подвержена технологическая система. Помехи на каждой операции распределяются по характерным для нее статистическим законам.
3. По результатам работы стохастической модели прихода помех, представляемым в виде диаграмм, проанализировать и предложить применить соответствующие управления (технологические мероприятия), позволяющие снизить уровень дестабилизирующего влияния помех.

Для оптимальной реализации системы моделирования авторами в основу ее архитектуры положена объектно-ориентированная технология проектирования.

Технологический процесс формируется из отдельных операций в маршрутной карте, представляющей собой базу данных в виде электронной таблицы в среде EXCEL 7.0 для Windows 95, сформированную на основе производственной технологической документации.

Моделирование предусматривает генерацию помех, классификация которых произведена на основе многочисленных экспериментальных данных и сформирована в виде электронной таблицы. Учитываются также математические (статистические) характеристики операций техпроцесса и форма их представления при изменении параметров операций в виде изменения статистических законов прихода помех в технологическую систему, времени устранения неисправностей и т.д. Графическая форма представления результатов генерации помех пользователю предлагается в виде графиков, диаграмм.

Система моделирования в процессе диагностики выявляет нестабильные звенья (например — самые затратные операции по времени) технологического процесса. Кроме того, цель моделирования — не только выявить нестабильные участки технологической цепочки выпуска изделий, но и дать возможность технологу изменять и регулировать:

- законы прихода помех, их виды;
- параметры технологической системы Станок - Приспособление - Инструмент - Деталь;
- осуществлять управление (выбирая управляющие воздействия, как предложенные системой моделирования (из базы данных управления параметрами технологического процесса), так и выбранными им самим).

Система моделирования реагирует на изменения в структуре технологического процесса динамическим изменением характеристик (временных, статистических и др.), что иллюстрируется на экране в виде сравнительных диаграмм, содержащих информацию о результатах приме-

нения управлений. Это дает возможность технологу принять окончательное решение.

Диагностируемый техпроцесс (графическое, описательное представление) с действующими помехами, вариантами запуска на моделирование храниться в файле проекта. При многократном моделировании предполагается постепенное наполнение баз данных — электронных таблиц, содержащих результаты диагностики стабильности технологических процессов.

Основной целью моделирования является сокращение технологического времени выпуска продукции, а также обеспечение ее высокого качества и надежности при соблюдении всех требуемых параметров технологической системы.

Одной из важнейших особенностей задачи является присутствие неформализуемых и неизмеряемых факторов, что затрудняет применение традиционных оптимизационных методов. Поэтому основное решение проблемы — за технологом, а система моделирования — удобный инструмент, который обеспечит управление технологической системой для повышения ее помехоустойчивости с целью повышения качества продукции, снижения затрат на ее выпуск и оптимального использования ограниченных ресурсов.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ МОП-СТРУКТУР

Томашевский А.В., Чернявский К.А. (ЗІТУ, г. Запорожье, Украина)

This paper presents a new nonparametric method for diagnostics technological process of MOS-structures fabrication.

Структуры металл-окисел-полупроводник (МОП-структуры) относятся к важнейшим в полупроводниковой электронике, являясь основой для МОП-транзисторов и МОП-ИС различного функционального назначения. При изготовлении МОП-структур используется сравнительно простой технологический цикл, базовый технологический процесс которого — высокотемпературное окисление исходной полупроводниковой пластины. Обычно, состояние процесса окисления определяется толщиной окисной пленки. Количество годных МОП-структур зависит, прежде всего, от стабильности процесса окисления. Важнейшей задачей для обеспечения стабильности является диагностика процесса окисления. Процедура диагностики должна не только обеспечивать получение сигнала о «разладке» процесса окисления, но и иметь минимальный риск получения ложного

сигнала о «разладке». К настоящему времени для диагностики состояния технологических процессов распространение получили методы Шухарта и кумулятивных сумм [1,2]. Однако использование этих методов предполагает нормальное распределение для контролируемого параметра состояния диагностируемого процесса, что трудно обосновано проверить для процесса окисления.

Особенностью проведения окисления является групповой характер, заключающийся в одновременном окислении партии, обычно, до 30 пластин. Процесс окисления, несмотря на его технологическую простоту, испытывает влияние многочисленных контролируемых трудно управляемых (колебания теплового режима, состава окислительной смеси газов и т.п.) и неконтролируемых факторов (чистота окислительной смеси газов, состояние оснастки и т.п.), под действием которых и изменяется его состояние. На каждую из пластин оказывает влияние не только диагностируемый процесс, но и тепловые и исторические дефекты с различным распределением концентраций на каждой отдельной пластине. Важную роль при окислении играет состояние поверхности пластин. Существенность влияния фактора «пластина» подтверждена с помощью дисперсионного анализа [3].

Наличие существенного неслучайного влияния различных факторов (не исключены и другие факторы в дополнение к «пластине») искажают закон распределения контролируемого параметра состояния процесса окисления. Следовательно, для диагностики состояния окисления нецелесообразно использовать параметрические методы (Шухарта, кумулятивных сумм), сущность которых заключается в проверке статистических гипотез относительно параметров нормального распределения.

Для диагностики состояния предлагается непараметрический критерий Манна-Уитни [4], что не требует предположения о нормальном распределении контролируемого параметра состояния. Методика использования этого критерия заключается в проверке гипотезы о принадлежности к одной генеральной совокупности последовательно берущихся выборок A и B . Значения контролируемого параметра в выборках A и B упорядочиваются в порядке возрастания. Полученный номер по порядку возрастания в объединенной выборке называют ранговым числом. Каждому рангу приписывают, к какой выборке (A или B) он относится. Вычисляются R_A и R_B — суммы рангов выборок A и B и критерий

$$\hat{Z} = \frac{|\hat{U} - n_A n_B / 2|}{[n_A n_B (n_A + n_B + 1) / 12]^{1/2}},$$

где n_A, n_B — объемы выборок A и B

$$\hat{U} = \min \left\{ \hat{U}_A, \hat{U}_B \right\},$$

$$\hat{U}_A = n_A n_B + n_B (n_B + 1) / 2 - R_A,$$

$$\hat{U}_B = n_A n_B + n_A (n_A + 1) / 2 - R_B.$$

Полученное значение $\hat{Z}$ сравнивается с $P\%$ -квантилем нормального распределения. Если $\hat{Z} < \hat{Z}_P$, то с доверительной вероятностью P делается заключение об однородности выборок. Если выборки однородны, то они взяты из одной генеральной совокупности и, следовательно, состояние диагностируемого процесса не изменилось.

Процедура использования непараметрического критерия (непараметрическая диагностика) для оценки стабильности процесса окисления следующая. После проведения окисления из партии берется выборка 10 пластин, на каждой из которых измеряется толщина окисной пленки в 5 точках, равномерно распределенных по поверхности пластин. Измерения толщины производятся на автоматизированной установке «Leitz», в состав которой входит IBM - совместимая ЭВМ. Результаты измерений «запоминаются» ЭВМ как выборка A . Последующая выборка, условно B -выборка, сравнивается с A -выборкой по критерию $\hat{Z}$ с помощью специальной программы непараметрической диагностики, в которой реализован алгоритм описанный выше. Таким образом, диагностика состояния основной технологической операции изготовления МОП-структур — окисления, может быть осуществлена непараметрическим методом.

Представляется целесообразным использовать непараметрическую диагностику для оценки изменения состояния технических и технологических систем с отличным от нормального распределением контролируемого параметра состояния.

Список литературы: 1. Статистические методы повышения качества. Под. ред. Х. Кунэ. Пер. с англ. Ю.П. Адлера и Л.А. Конаревой. - М.: Финансы и статистика, 1990. - 301с. 2. Бендерский А.М., Богатырев А.А., Баумгартен А.В. Стандартизация статистических методов управления качеством. - М.: Изд-во стандартов, 1983. - 152с. 3. Богданов Ю.И. Анализ вариаций и построение контрольных карт в микроэлектронике. // Микроэлектроника, 1995, т.24, №6, с. 435-446. 4. Закс Л. Статистическое оценивание. - М.: Статистика, 1976, - 598с.

РАСЧЕТНОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОРЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Тонконог В. Г., Гортышов Ю. Ф., Глухов В. В.
(КТТУ им. А. Н. Туполева, г. Казань, Россия)

The model hydrojet engine is considered, the boost of fluid in which happens at the expense of use of internal energy of a working skew field. Such hydrojet engines can be used as launching accelerators, for example in airplane, and as engine for courts and submarines. In the present activity is carried out the research of the characteristics of the engine is rated - experimental, which working skew field is the water.

Моделирование характеристик гидрореактивного двигателя выполнено для случая, когда разгон рабочего тела происходит за счет использования его внутренней энергии. Двигатели такого рода могут быть использованы как в качестве стартовых ускорителей, например для экранопланов и самолетов [1], так и в качестве маршевых двигателей для судов и подводных лодок. В настоящей работе проведено расчетно-экспериментальное исследование характеристик гидрореактивного двигателя, рабочим телом которого является насыщенная вода. Разгон рабочего тела осуществляется в процессе расширения насыщенной жидкости в канале переменного сечения (сопло Лавала).

Для численного анализа модель течения рассматривается при следующих допущениях: фазовые переходы жидкость-пар начинаются в метастабильной области состояний; течение одномерное; процесс расширения происходит без теплообмена с окружающей средой; параметры паровой фазы в двухфазном потоке соответствуют параметрам насыщения; жидкая фаза в двухфазном потоке находится в перегретом (метастабильном) состоянии; фазы движутся с одинаковыми скоростями; учитывается трение жидкой фазы о стенку канала.

С учетом принятых допущений составлены уравнения сохранения массы, количества движения и энергии. При известных и аналитически определенных термодинамических свойствах фаз воды на линии насыщения и заданной геометрии канала эта система уравнений решалась численным методом. Численное интегрирование системы уравнений проводилось методом Рунге-Кутты. Аналогичные расчеты были выполнены для равновесной модели. Результаты экспериментальных исследований и численных расчетов представлены на рисунках.

На Рис. 1 приведены значения расходов, полученные в опытах с водой и рассчитанные по равновесной модели и модели, учитывающей перегрев жидкости.



Рис. 1. Зависимость приведенного расхода насыщенной воды через сопло Лавала от давления.

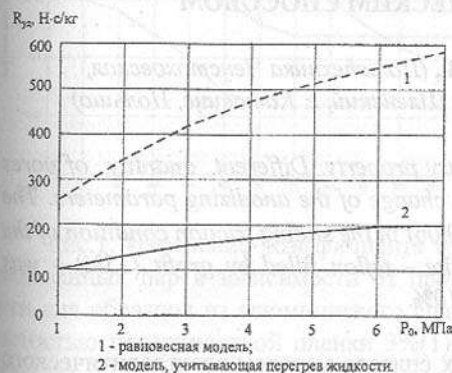


Рис. 2. Расширение воды в сопле Лавала из состояния насыщения до атмосферного давления.

соплах с малыми углами раствора расширяющейся части. В соплах с углами раствора расширяющейся части > 2 градусов процесс расширения вскипающей жидкости протекает с заметным отклонением от равновесия, что выражается в запаздывании начала вскипания, неполноте тепло- и

Модель, учитывающая перегрев жидкости, удовлетворительно согласуется как с собственными опытами, так и с данными других авторов [2, 3]. Представленные на Рис. 1 данные позволяют получить исходную информацию для определения площади критического сечения сопла при заданном расходе рабочего тела.

Значения удельной тяги, рассчитанные по равновесной модели и модели, учитывающей перегрев жидкости, представлены на Рис. 2.

Равновесная модель дает значения удельной тяги существенно большие, чем модель, учитывающая перегрев жидкости. Равновесный процесс истечения является предельным случаем и реализуется на практике лишь при расширении жидкости с малыми градиентами давления, что возможно в

массообменных процессов между фазами, появления разности скоростей фаз и т. д.

Предложенная модель позволяет частично учесть указанные факторы, и поэтому дает результаты, более соответствующие действительности. Для приближения режима течения к равновесному необходимо, в первую очередь, снижать термическую неравновесность путем инициирования начала парообразования для интенсификации тепло- и массообменных процессов между фазами.

Список литературы: 1. Schwarzler K. Untersuchungen an Heiswasser-raketen zum Star von Flugzeugen // Zeitschrift fur Flugwissenschaften. -1958. - № 1. 2. Тонконог В. Г., Мухачев Г. А. Критическое истечение вскипающих жидкостей в соплах // Теплофизика и гидродинамика процессов кипения и конденсации: сб. статей. - Рига, 1986. - с. 67-75. 3. Тихоненко Л. К., Карасев Э. К. и др. Исследование характеристик вставок ограничения расхода при моделировании аварийной разгерметизации контура реактора // Атомная энергия. 1980. - т. 49. - вып. 2. - с. 83-86.

ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОКСИДНЫХ ПЛЕНОК НА АЛЮМИНИЕВОМ СПЛАВЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Тубилевич Х., Сконечны В., (Политехника Ченстоховская, г. Ченстохова, Университет Шленский, г. Катовице, Польша)

The structure of surface film necessary property. Different quantity of pores can be formed on aluminum alloy by change of the anodizing parameters. The minimum value of friction factor ($\mu=0,06$) in the sliding friction condition of the oxide aluminum alloy and composite - teflon filled by grafit (15%) - was reached when film porosity is equal 10%.

Оксидирование алюминиевых сплавов методом электролитического анодирования применяется с целью достижения удовлетворительной работы пар трения в условиях технически сухого трения [1,2]. В этом случае поверхностный слой оксида алюминия должен иметь соответствующую прочность и пористость. Для получения соответствующих характеристик пористости, толщины, шероховатости, микротвердости поверхностной пленки - разработана технология анодирования алюминиевых сплавов втрехкомпонентном электролите SAS [3].

Определяли трибологические характеристики пары трения оксидированная поверхность алюминиевого сплава AlMg2 - полимер TG15 (тефлон с 15% графита) в условиях сухого трения. Наполнение полимера графитом производилось с целью повышения его твердости, теплопроводности и снижения ползучести под нагрузкой, обусловленной действием как сжимающих, так и сдвигающих напряжений. В результате существенно повышается износостойкость композита по сравнению с тефлоном в условиях сухого трения, а наилучшие трибологические характеристики достигаются при содержании в композите 15% графита.

Испытания проведены на специальной установке в условиях технически сухого трения при возвратно-поступательном движении образца из алюминиевого сплава относительно контртела из композита TG15 со средней скоростью $V=15$ м/сек при удельном давлении $q=0,25$ МПа. Определяли изменение коэффициента трения от пройденной длины для образцов с 3%-й, 10%-й и 19%-й объемной пористостью поверхностной пленкой (рис.1).

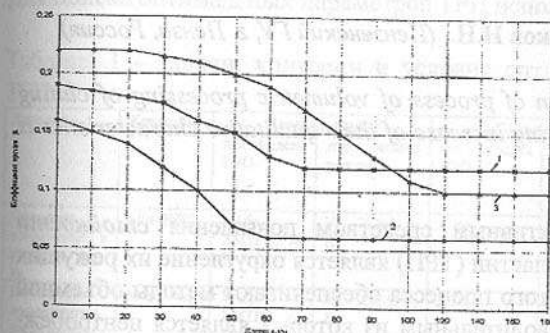


Рис.1. Изменение коэффициента трения исследованных пар в зависимости от пройденного пути для образцов из алюминиевого сплава с пористостью поверхностной пленки 3%(1), 10%(2), 19%(3).

Кривой, пористость которой была 10% равнялась 0,06, а при пористости пленки 3% он увеличивался до 0,12. В результате увеличения периода притирки до 100% в зависимости от пористости пленки интенсивность износа композита может увеличиваться в пять раз, что является наряду с коэффициентом трения определяющим фактором работоспособности пары трения.

Как следует из полученных результатов, величина коэффициента трения пары скольжения композит TG15 - оксидированная поверхность алюминиевого сплава может изменяться даже на 100%, что зависит в основном от пористости поверхностной пленки. Например, после периода притирки коэффициент трения пары с пленкой

Следовательно, изменением технологических параметров анодного оксидирования алюминиевого сплава можно достигать оптимальных свойств поверхности пленки с точки зрения работоспособности пары трения оксидированная поверхность - композит TG15.

Список литературы: 1. Tubielewicz K., Skoneczny W. Wlascosci tarciovo-zuzyciowe powlok tlenkowych wspolpracujacych z tworzywem TG15. - Warszawa: Przegląd Mechaniczny, 1995, nr 5/95. 2. Skoneczny W., Torkaz A. Mechanism of destructive changes in oxidecovered surface caused by friction. - Wear, 1993, nr169. 3. Tubielewicz K., Skoneczny W. Morfologia powierzchni powlok tlenkowych otrzymanych w elektrolizie trojskladnikowym SAS. Stale i Materialy (Miedzynarodowa konferencja "Warstwa wierzchnia", Gorzow Wielkopolski, Lubniewice, 1993), 1993, TХП, nr1.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕМНОЙ ОБРАБОТКИ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН

Трилисский В.О., Нырклов Н.Н. (Пензенский ГУ, г. Пенза, Россия)

The technique of optimisation of process of volumetric processing of cutting plates from firm alloys, ensuring increase of their qualitative characteristics is given.

Известно, что эффективным средством повышения *стойкости* твердосплавных режущих пластин (ТРП) является округление их режущих кромок [1]. Механизацию этого процесса обеспечивают методы объемной обработки, наиболее производительным из которых является центробежно-ротационный (ЦРО) [2]. Особенность такой обработки заключается в том, что одновременно с округлением режущей кромки изменяется шероховатость поверхностей ТРП, что неоднозначно влияет на протекание процесса резания.

Поскольку создание радиуса r округления режущей кромки является дополнительной операцией при *изготовлении* ТРП, очевидно стремление минимизировать затраты на ее реализацию. С другой стороны, необходимо обеспечить наиболее благоприятные условия процесса резания с точки зрения производительности и качества обработки, а так же требуемой стойкости инструмента.

Так как перечисленные показатели процессов ЦРО и резания не могут быть *одновременно оптимальными*, возникает многовариантность задач оптимизации, в которых критериями будут как стойкость ЦРО, так и

характеристики процесса резания при наличии соответствующих ограничений.



Рис. 1 Схема процедуры оптимизации параметров ЦРО ТРП.

Для поиска оптимальных параметров ТРП использован метод сеток.

Таблица 1 - Задачи, критерии и условия оптимизации параметров ЦРО ТРП. *

Задача	Критерий	Входные данные		Выходные данные		Ограничения	
		для модели ЦРО	для модели резания	для модели ЦРО	для модели резания	по модели ЦРО	по модели резания
Снижение напряжений в режущем клине	Min (НРК)	ХАбр, ХМТРП, m , b , w , Dk , t	РР, ХОМ, r , Ra	r , Ra	НРК, $F_{рез}$, $T_{рез}$, КХОП	w , Dk	$F_{рез}$, $T_{рез}$, КХОП
Повышение производительности процесса резания	Max ($V_{см}$)	ХАбр, ХМТРП, m , b , w , Dk , t	РР, ХОМ, r , Ra	r , Ra	$V_{см}$, НРК, $F_{рез}$, $T_{рез}$, КХОП	w , Dk	$F_{рез}$, $T_{рез}$, КХОП
Обеспечение заданного радиуса r округления режущей кромки	Min (СтЦРО)	ХАбр, ХМТРП, m , b , w , Dk , t		r , СтЦРО		w , Dk , r	
Обеспечение заданной шероховатости Ra поверхности ТРП	Min (СтЦРО)	ХАбр, ХМТРП, m , w , Dk , t		Ra , СтЦРО		w , Dk , Ra	

*Примечания:

m - масса ТРП; b - угол заострения режущего клина; r - радиус округления режущей кромки; Ra - шероховатость поверхностей пластины; w - частота вращения ротора ЦРО; Dk - диаметр рабочей камеры ЦРО; t - время ЦРО; НРК - напряжения в режущем клине; $V_{см}$ - объем срезаемого материала в процессе резания; СтЦРО - стоимость ЦРО; ХАбр - характеристики абразива; ХМТРП - характеристики материала ТРП; РР - режимы резания; ХОМ - характеристики обрабатываемого материала; $F_{рез}$ - силы резания; $T_{рез}$ - температура резания; КХОП - качества характеристики обработанной поверхности.

Приведенная методика оптимизации реализована в виде сервисной информационной системы (СИС), представляющей собой пакет прикладных программ для ОС Windows 95/NT. СИС включает в себя базу данных,

программные средства для работы с базой данных, программные средства, реализующие вычислительные операции, а так же интерфейсные средства, обеспечивающие диалог системы и пользователя, ввод и вывод данных.

Такой *подход к построению* методики оптимизации обеспечивает возможность оперативного проведения расчетов по любому из приведенных в табл.1 критериев, сохранения и обновления всех необходимых данных, настройки параметров системы для нужд конкретного пользователя.

Список литературы: 1. Хае Г.Л. Прочность режущего инструмента. - М. : Машиностроение, 1975, -168 с. 2. Трилисский В.О. Объемная центробежно-ротационная обработка деталей. // Алмазная и абразивная обработка деталей машин и инструмента : Межвуз. сб. научн. тр. - Пенза: Изд-во Пенз. Гос. Ун-та, 1994. - Вып. 21 - с. 86 - 92.

ПРОГРЕССИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛЬНОГО СЕРДЕЧНИКА БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПРОВОЛОКИ ПОД ПОКРЫТИЕ

Усенко Ю.И., Иванов В.И., Падалка В.П.,
Нестеренко Т.Н., Лукошников И.Е., Грицай В.П.,

(ГМетАУ, г. Днепропетровск, ЗГИА, г. Запорожье, Украина)

The impulse electrochemical technology for preparation of bimetal wire steel core surface before marking of aluminium plating has been developed. The use of proposed technology appreciably promotes to increase uniformity of protective plating on basis metal surface, as well as strength of cohesion for wire components.

В связи с непрерывным ростом требований, предъявляемых к качеству биметаллической проволоки, актуальной является разработка новых прогрессивных технологий обработки, позволяющих обеспечить достаточный уровень адгезии защитного покрытия к поверхности основного металла. Практический интерес представляют методы обработки поверхности металлов и сплавов, основанные на использовании концентрированных потоков электрической энергии [1]. Одним из перспективных методов является обработка в электролитной плазме [2]. Данная технология основана на использовании эффекта, вызванного действием электрических разрядов, возникающих при наложении мощных коротких импульсов тока на электрохимическую ячейку, находящуюся под повышенным напряжением, в сочетании с химическим воздействием электролита на металл.

С целью определения возможности практического применения импульсной электрохимической технологии для получения высоких адгезионных характеристик поверхности стального сердечника биметаллической проволоки перед нанесением слоя защитного алюминиевого покрытия в лабораторных условиях ГМетАУ и ЗГИА были проведены обширные эксперименты.

Комплексные исследования, направленные на достижение поставленной задачи, выполняли с использованием специального стенда, разработанного на кафедре ТЭМП ГМетАУ. Стальную проволоку диаметром 0,5...6,0 мм при скорости подачи 0,5...1,5 м/с перемещали в реверсивном режиме через рабочую ванну, заполненную электролитом, при изменении величины рабочего напряжения в пределах от 40 до 200 В. В экспериментах использовали электролиты различного химического состава, концентрации и плотности.

Проведенный цикл исследований показал, что при напряжении 120...190 В и высокой плотности тока (до $2 \cdot 10^4$ А/м²) поверхность обрабатываемой проволоки подвергается электрохимическому (выделение водорода), тепловому (испарение перемычек электролита), кавитационному (образование и захлопывание парогазового слоя) и электроэрозионному (возникновение импульсных разрядов) воздействиям. Установлено, что при рационально подобранном составе рабочей жидкости (смеси карбоната и гидроксида натрия) достигается максимальная степень удаления различных видов загрязнений с обрабатываемой поверхности. По результатам проведенных исследований сформулированы требования к параметрам рабочей жидкости для реализации предлагаемой технологии при обработке поверхности стального сердечника биметаллической проволоки марки БСА перед нанесением защитного алюминиевого покрытия:

- концентрация углекислого натрия, %	12...18;
- концентрация гидроксида натрия, %	6...10;
- плотность раствора электролита, г/см ³ :	
при диаметре проволоки 0,5...3,5 мм	1,091...1,095;
при диаметре проволоки 3,6...6,0 мм	1,100...1,150;
- рабочая температура раствора, °С	60...70.

Для условий Запорожского государственного сталепрокатного завода разработан, изготовлен и прошел успешные испытания агрегат для обработки поверхности стального сердечника с использованием предлагаемой технологии. При перемещении стального сердечника через рабочую ванну с электролитом его поверхность подвергается воздействию серии импульсных разрядов, возникающих при электрическом пробое образующегося вокруг металла парогазового слоя. Достаточно высокая концентра-

ция электрической энергии, создаваемой на обрабатываемых участках поверхности сердечника, обеспечивает не только быстрое испарение летучих загрязнений с его поверхности, но и частичное испарение и частичное удаление механических нелетучих загрязнений. Далее сердечник поступает в рабочую ванну для водоструйной промывки и удаления с его поверхности остатков электролита. Высокое качество обработки поверхности стального сердечника позволяет добиться равномерного нанесения слоя алюминиевого покрытия. Результаты испытаний готовой сталеалюминиевой проволоки на циклическую стойкость до разрушения в условиях знакопеременного нагружения, а также визуальный осмотр ее поверхности, свидетельствуют о высокой прочности сцепления защитного покрытия с основным металлом и хорошем товарном виде.

Как было установлено в процессе испытаний, при одновременной электрохимической обработке в импульсном режиме трех...пяти параллельно расположенных линий стальных сердечников наблюдается практически одновременное возникновение искрового разряда во всех электрических контурах, что позволяет отказаться от применения для них индивидуальных источников питания. Следовательно, в производственных условиях завода многониточный промышленный комплекс можно представить в виде нескольких трех...пятиниточных агрегатов, размещенных в составе действующего технологического оборудования, т.е. совместить процессы подготовки поверхности стального сердечника и получения биметаллической проволоки в одном потоке.

Широкая промышленная проверка показала, что реализация импульсной электрохимической технологии для обработки стального сердечника биметаллической проволоки позволяет в течение одного прохода обеспечить удаление с его поверхности любых видов загрязнений. Данная технология характеризуется отсутствием экологически вредных операций и применением недорогого двухкомпонентного неагрессивного раствора. Основные технические характеристики агрегата для ее реализации приведены ниже:

- напряжение, В	140...170;
- полярность сердечника	катод;
- рабочая частота, кГц	50;
- длительность обработки сердечника, с	$\leq 0,20$;
- скорость его перемещения, м/с	0,6...1,0.

Результаты выполненных исследований свидетельствуют о том, что в условиях Запорожского государственного сталепрокатного завода предложенная технология дает возможность существенно улучшить качество обработки поверхности стального сердечника биметаллической проволоки

и увеличить ее адгезионные характеристики перед нанесением алюминиевой оболочки, повысить равномерность нанесения защитного покрытия, улучшить экологическую обстановку в цехе металлопокрытий, снизить себестоимость готовой продукции и улучшить условия работы обслуживающего персонала.

Список литературы: 1. Новое в электрофизической и электрохимической обработке материалов / Под ред. Л.Я. Попилова. - Л.: Машиностроение, 1972. - 360с. 2. Дунаевский В.И., Занин А.Я., Коваленко Н.М. Электролитно-кавитационная и электролитно-плазменная обработка проката в непрерывных агрегатах // Машины для обработки полосового металла. - М.: ВНИИМетмаш, 1979. - С.81-85.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЭЛЕМЕНТНОЙ ШТАМПОВКИ

Усов П.П. (НПО "Техностарт", г. Гомель, Беларусь)

The description of devices for punching is given. The devices are universal and have high efficiency.

В условиях мелкосерийного или единичного производства важным является обеспечение достаточно высокой производительности и универсальности технологического оборудования. При том конструктивное исполнение рабочего инструмента, его технические возможности определяют в значительной степени и качество выполняемых работ.

На основании анализа особенностей эксплуатации прессового оборудования предложен ряд конструктивных усовершенствований устройств для листовой штамповки. В частности разработан универсальный штамп «Калейдоскоп», позволяющий производить операции пробивки отверстий и пазов различной конфигурации и типоразмера (радиусных, прямоугольных, квадратных, круглых и других форм), меняя только пуансоны. Конструкция универсального штампа позволяет формировать открытое окно матрицы подвижными ножами и поворотным многогранником с пазами различной конфигурации и размера. Универсальный штамп имеет быстродействующую систему смены в течение 30-40 сек., идеальную соосность режущих элементов, обеспечивающий чистый и точный рез и длительный срок службы пуансонов, матриц и лезвий.

Разработана также установка для листовой штамповки, содержащее основание, на котором смонтированы многогранный и револьверный дис-

ки. В револьверном диске выполнены гнезда для установки сменных матриц и смонтированы два поворотных диска, имеющих форму многогранника с открытыми пазами различной конфигурации. Между револьверным диском и дополнительным многогранником размещены направляющие, вдоль которых при помощи зубчатоременной передачи перемещаются режущие секции. Револьверный диск оснащен механизмом поворота, а фиксация диска осуществляется пальцем. На нижней плите в Т-образных пазах установлено координатное устройство, состоящее из державок и упорных планок.

Описанные выше конструкции штампов по своим техническим возможностям не уступают универсальным штампам, выпускаемым фирмами Bocheret (ФРГ), Wirkstroms (Швеция), Comasa (Италия) и другими.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА ПОВЕРХНОСТНОГО ФОРМОЗАВЕРШЕНИЯ - СУЩНОСТЬ МОДУЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТИС-СИСТЕМЫ "МАШИНА - ПРОЦЕСС - ИНСТРУМЕНТ"

Усов В. П. (Сф СамГТУ, г. Сызрань, Россия)

It is stated that the basis for the creation of technical intellectual property such as "Machine-Process-Instrument" is the shape-closing mechanics.

Мировой рынок предусматривает действия с технической интеллектуальной собственностью (ТИС) вида "Изобретение", "Промышленный образец" и "Полезная модель" [1].

Восхождение к ТИС-вершине (см. доклад "Техническая интеллектуальная собственность машиностроительного производства - основа устойчивой рыночной экономики") через ТРИЗ предусматривает, наряду с ИКР-базой, наличие сведений по основам формосоздающих процессов.

Рассматривая лезвийное резание как совокупность процессов создания стружкопотока и потока "готовая деталь", а их - как совокупность явления пластического формообразования и явления трансформации движением, были выделены отдельные модули конструирования, описываемые граничными условиями вида [2]:

длина пластического контакта модуля "стружкопоток-режущий клин"

$$C_r = a K_a \sin(\Phi - \gamma); \quad (1)$$

длина жесткого (кулоновского) контакта модуля "стружка-инструмент"

$$C_1 = a \cos \Psi / \sin \Phi \cos \left(\frac{\pi}{2} + \gamma - 2\Psi - \Phi \right); \quad (2)$$

длина разрушающего контакта модуля "стружка-преграда"

$$C_r < C_{\sigma_s} \leq C_1; \quad (3)$$

длина упрочняющего контакта модуля "деталь-инструмент" [3]

$$l_a = 2h_{\sigma} / \sin \left(\frac{\pi}{2} - 2\rho_1 \right), \quad (4)$$

где a - толщина срезаемого слоя; K_a - коэффициент усадки стружки; Φ - угол наклона плоскости трансформации; γ - передний угол; Ψ - угол текстуобразования; $h_{\sigma} = (P/2\sigma_T)^{1/2}$ - глубина упрочнения; ρ_1 - угол жесткого (кулоновского) трения.

Полагая, что в формуле для определения угла Φ вида [3, 4]

$$\Phi = \frac{\pi}{2} + \gamma - \rho_1 - \rho_2 - \psi \quad (5)$$

$\gamma = 0^\circ$, $\rho_1 = \rho_2 = \psi$, $\psi = \Phi$ и $\Phi = \rho$, имеем $\rho = 22^\circ 30'$. Это означает, что для выделенных технологических модулей средний коэффициент трения Амонтона - Кулона равен $f = 0,41$. Следовательно, для воплощения технологических модулей в конструкторские решения можно воспользоваться классическими принципами ТРИЗ типа "Деление", "Объединение", "Наоборот", "Вред в пользу", "Гетерогенность", "Несплошность" и т.д. и т.п.

Так, исключая из процесса стабильного резания второй модуль*, конструктивно реализуя третий модуль в форме стружколома, создается ТИС вида "Режущий инструмент" согласно авторскому патенту № 2097168.

Его существенность заключается в выполнении режущей пластины с дискретной передней поверхностью (ДЦПП), в частности в виде резьбы, в первой впадине которой размещается стержневой, спиралеобразный или заполняемый СВС-массой стружколом.

Инструментальный модуль "Режущий винт" с осевой полостью позволяет воплотить в конструкцию технологический модуль № 4, например в форме режуще-отделочных ДЦПП-резцов с рабочими блоками вида:

1. Макросфера, работающая в статическом режиме или в составе ультразвуковых излучателей по а.с. № 499901, 554010 и 582006;
2. Множество микросфер, удерживаемых магнитным подпятником;
3. "Бегущая сферопочка";
4. Насынная движущая рабочая, например СВС-масса.

* номер модуля соответствует номеру граничного условия.

Патент № 209168 РФ предусматривает исполнение конструкторско-технологического модуля в форме ДЦПП-фрезы, зенкера, расточной пластины или развертки.

Изобретение не исключает исполнение ТИС в виде:

5. Отделочно-упрочняющего процесса и его технологической шетки подобно а.с. № 601142;

6. Диспергирующих технологий и машин типа "Мельница" согласно авторским патентам № 2036724, 2054966, 2060051, 2077132, 2081703.

При $\Phi = 0^\circ$ согласно формуле (5), когда $\gamma = -60^\circ$ и процесс резания дестабилизирован полностью, следует перейти к конструированию ППД-объектов, т.е. инструментов подобно решению № 5 и машин подобно мельнице МПС-2650 германской фирмы "Бабкок".

Используя в модульном конструировании принцип "Другое сочетание", в частности для модуля "рабочий винт" и блока "бегущая сфероцепочка", легко создать упрочнитель для строчной обработки цилиндрических деталей [5] или опору для тяжелонагруженных вращающихся барабанов согласно заявке № 94007453/28 с приоритетом от 01.03.94 и Решением ВНИИГПЭ о выдаче патента Российской Федерации.

Вышеприведенные и им подобные ТИС-решения выносятся на обсуждение к выработке рекомендаций по их практическому тиражированию и коллегиальному продолжению изысканий в содружестве с заинтересованной стороной.

Список литературы: 1. Патентный закон Российской Федерации. М.: Дом Советов России, 1992.- 29 с. 2. Усов В.П., Будаев В. А., Родионов Л. Ф. и др. ТРИЗ и техническая интеллектуальная собственность машиностроения: Учебное пособие. Самара, 1998.- 190 с. 3. Усов В. П. Кинематический аспект процесса стружкообразования при лезвийном резании сплошных сред и его инструментальная значимость // Ученые Сызрань-науке и производству: Сб. научных трудов.- Самара, 1996.- С. 121-134. 4. Стружкообразование при лезвийном резании конструкционных и композитных материалов: Метод. указ. по дисциплине "Технология, машины и оборудование машиностроительного производства" / Самар. гос. техн. ун-т; Сост. В. П. Усов, В. А. Будаев, С. Н. Велин.- Самара, 1996.- 42 с. 5. Усов В. П. Повышение технического уровня машиностроительного производства конструкторскими и инструментально-технологическими методами // Повышение качества и эффективности в машино- и приборостроении: Материалы юбилейной научно-технической конференции / Под ред. проф. В. М. Сорокина.- Н. Новгород, 1997.- С. 100-101.

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМА ОПЛАТЫ ТРУДА КАК ВАЖНЕЙШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Устинова Л.Н., Пенькова И.В. (ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

The correct determination of means, directed on payment for labour, will allow: to ensure the tires of labour performance with its payment, to raise wages motivation influence on increase of products competitiveness. It will serve reliable counteraction to irrational use of labour resources.

В настоящее время в Украине для повышения эффективности производства необходимо создание условий, способствующих активизации производственного процесса на промышленных предприятиях. Прежде всего это связано с системой организации и регулирования оплаты труда.

В машиностроении заработная плата (з/п) является одним из основных элементов издержек производства. Ее удельный вес в общей сумме затрат достигает 25-30%. Поэтому снижение издержек производства и повышение конкурентоспособности продукции в значительной степени зависит от сокращения затрат на з/п.

В то же время, с изменениями в хозяйственном механизме заработной плате возвращен ее истинный смысл денежного выражения стоимости рабочей силы, имеющей тенденцию к повышению. Это обусловлено увеличением сложности и интенсивности труда, ростом квалификации рабочей силы, внедрением достижений научно-технического прогресса, расширением объема товаров и услуг, необходимых для нормального воспроизводства рабочей силы, изменением структуры потребления. Повышение стоимости рабочей силы создает объективные предпосылки для роста з/п. Таким образом з/п испытывает влияние двух противоположных тенденций: тенденция к падению ниже стоимости рабочей силы и тенденция к повышению до уровня рабочей силы.

На данный момент фактическая з/п не обеспечивает нормального состояния рабочей силы и не создает заинтересованности в улучшении показателей эффективности производства. Рабочая сила воспроизводится не в полной мере, а з/п не выполняет ни стимулирующую, ни воспроизводственную, ни социальную функции. Сложившаяся ситуация обусловлена необоснованным госрегулированием оплаты труда, режимом неполной занятости на промышленных предприятиях и сдерживанием роста издержек на оплату труда.

При формировании уровня з/п и денежных доходов работников сфе-

ры материального производства должны применяться два методологических подхода - социальное и экономическое обоснование. Социальное обоснование предполагает установление минимальной з/п в полном соответствии с объективными требованиями простого воспроизводства. Такой уровень з/п следует рассматривать как обязательный норматив при формировании общегосударственного бюджета и экономической политики непосредственно на предприятиях. Необходимо учитывать такие социальные нормативы, как физиологический прожиточный минимум и минимальный потребительский бюджет.

В экономически развитых странах при определении минимального уровня з/п используется ее стандартная величина, определенная для среднего уровня потребления. При этом минимальная з/п составляет 60-70%, а физиологический прожиточный минимум - 40% от среднего уровня. В Украине на начало 1998 года минимальная з/п составляла 15грн. при физиологическом прожиточном минимуме 70.9грн.

Социальное обоснование минимального уровня з/п позволит обеспечить реализацию ее воспроизводственной и социальной функции. Экономическое обоснование, направленное на решение проблемы стабилизации и увеличения объема производства в натуральной форме, предполагает увеличение фонда оплаты труда в зависимости от увеличения объема производства и позволит обеспечить реализацию стимулирующей функции заработной платы, т. е. усиление трудовой мотивации.

Главными требованиями к оптимизации з/п на предприятии является обеспечение необходимого ее роста при снижении ее затрат на единицу продукции и гарантия повышения оплаты труда каждого работника по мере роста эффективности деятельности предприятия в целом.

Одним из путей практической реализации этих требований является совершенствование механизма формирования средств предприятия, направляемых на оплату труда. Заработная плата должна стимулировать конечные результаты деятельности предприятия. Поэтому целесообразно плановую (нормативную) величину фонда оплаты труда определять по нормативам затрат на оплату труда, исчисленных на единицу конечного результата. В качестве конечного результата следует использовать показатели товарной, реализованной или условно-чистой продукции.

Формирование фонда оплаты труда ($\Phi OT_{пл}$) на основе нормативов удельного расхода заработной платы особенно целесообразно в машиностроении, где среди рабочих преобладает сдельная форма оплаты труда и невысокий удельный вес специалистов и служащих.

$\Phi OT_{пл}$ при этом определяется по формуле:

$$\Phi OT_{пл} = H_{пл} \cdot Q_{пл}$$

где $H_{пл}$ - норматив удельного расхода фонда оплаты труда в плановом году в расчете на 1 грн. товарной продукции, грн/грн;
 $Q_{пл}$ - плановый объем производства товарной, реализованной или условно-чистой продукции, грн.

Эта формула приемлема для расчета $\Phi OT_{пл}$ на основе зарплатоемкости единицы продукции.

$H_{пл}$ определяется с учетом планового роста производительности труда и средней заработной платы:

$$H_{пл} = H_б \frac{100 + \Delta ЗП}{100 + \Delta ПТ} = H_б \frac{100 + \alpha \cdot \Delta ЗП}{100 + \Delta ПТ},$$

где $H_б$ - норматив удельного расхода $\Phi OT_{пл}$ в базовом периоде, грн/грн;
 $\Delta ПТ$ - плановый прирост производительности труда, по сравнению с базовым годом, %;

$\Delta ЗП$ - плановый прирост средней заработной платы (без учета выплат из прибыли), по сравнению с базовым годом, %;

α - плановое соотношение прироста средней заработной платы и производительности труда.

Норматив удельного расхода $\Phi OT_{пл}$ в базовом периоде:

$$H_б = \frac{\Phi OT_б}{Q_б},$$

где $\Phi OT_б$ - $\Phi OT_{пл}$ в базовом периоде за вычетом непроизводительных выплат, грн; $Q_б$ - объем продукции в базовом периоде, грн.

Такой подход к определению средств, направляемых на оплату труда, позволит: обеспечить более тесную связь результатов труда с его оплатой, повысить стимулирующее воздействие заработной платы на повышение конкурентоспособности продукции, и будет служить надежным противодействием нерациональному использованию трудовых ресурсов и содержанию излишней рабочей силы.

Список литературы: 1. Ржаницына Л.С. Цена рабочей силы. - М.: Профиздат, 1993. - 141с. 2. Сергеев В. Право на достаточный жизненный уровень. / Бизнесинформ, № 17, 1997. - с.11-14.

К ВОПРОСУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Федоров В. П., Нагоркин М. Н., Ковалева Е. В.
(БГТУ, г. Брянск, Россия)

In this article the problems of determination methodology of parametric reli-

ability of technical system as one of the most important quality features of machined parts are considered. The possibility of usage of effective stereotypes of adaptive surface treatment on machines with numerical control on simulation and computer control principles is presented.

Под качеством деталей машин в широком смысле следует понимать способность обеспечения требуемых эксплуатационных свойств (износостойкость, контактная жесткость и др.), а в узком смысле - параметры состояния поверхностного слоя (ПСПС), от которых зависят требуемые параметры эксплуатационных свойств (ПЭС). Задание ПСПС в технических условиях на изготовление детали необходимо, т. к. В настоящее время именно они имеют метрологическое обеспечение в процессе обработки.

В силу наличия значительного количества случайных факторов обработки, оказывающих влияние на формирование поверхностного слоя, надежность обеспечения параметров его качества различна для различных технологических систем (ТС). Таким образом, с целью повышения эксплуатационных свойств деталей машин необходим рациональный выбор ТС их обработки по критерию максимальной надежности максимальной надежности обеспечения параметров их качества.

В связи с этим приняты модели параметрических отказов ТС, соответствующие известным теоретическим исследованиям [1]. Эти модели позволяют оценить показатели надежности ТС по характеристикам качества Y обрабатываемых деталей, причем в расчетные зависимости входит целый ряд статистических параметров случайного закона распределения Y , которые зависят от конкретной ТС и условий обработки. В связи с этим для определения этих параметров разработана специальная методология, в основу которой положены методы имитационного моделирования и статистических испытаний (Монте-Карло). В основу построения имитационных моделей (ИМ) положен физико-статистический подход, новая концепция которого заключается в том, что структура модели ТС формируется на основе физико-технологического анализа причинно-следственных связей факторов обработки и внешней среды, а выходные параметры определяются статистическими методами.

В качестве показателя рациональности выбора той или иной ТС по критерию параметрической надежности предлагается максимум вероятности P выполнения задания по случайному параметру качества Y в заданном интервале:

$$P\{Y \in (\bar{Y} - \delta\bar{Y}; \bar{Y} + \delta\bar{Y})\} = \max \quad (1)$$

$\bar{Y}$ - средняя величина регламентируемого параметра качества
 δ - относительная допускаемая величина его изменения ($0 \leq \delta \leq 1$)

Для различных ТС при различных $\bar{Y}$ и δ величины P определяются путем реализации ряда процедур, составляющих основу предложенной методологии [2], имеющих соответствующее математическое и программное обеспечение. Имитационные модели (ИМ) строились в виде аддитивных моделей (2) или моделей Кобба-Дугласа (3):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_i X_i + \dots + \beta_k X_k \quad (2)$$

$$Y_i = \beta_0 \cdot X_1^{\beta_1} \cdot X_2^{\beta_2} \cdot \dots \cdot X_i^{\beta_i} \cdot \dots \cdot X_k^{\beta_k} \quad (3)$$

Здесь, Y_i - i -тый параметр из ПСПС или ПЭС; X_i - i -тый фактор ТС; β_0, β_i - истинные значения коэффициентов, которые являются случайными нормально распределенными величинами с математическим ожиданием b_0, b_i и среднеквадратическим отклонением $S\{b_i\}$. Если в моделях (2) и (3) величины X_i не являются случайными, то для модели (3) имеем:

$$M\{Y_i\} = \exp\left(\ln M\{\beta_0\} + \sum_{i=1}^k \ln X_i \cdot M\{\beta_i\}\right) \quad (4)$$

$$S^2\{Y_i\} = \exp\left(\ln\{S^2\{\beta_0\}\} + \sum_{i=1}^k (\ln X_i)^2 \cdot S^2\{\beta_i\}\right) \quad (5)$$

Если в моделях (2), (3) случайными являются один или несколько факторов X_i , то аналитических выражений для расчета $M\{Y_i\}$ и $S\{Y_i\}$ найти не удастся. В этом случае они определяются путем обработки результатов машинного эксперимента над ИМ на ЭВМ по схеме Монте-Карло.

На основе обобщения изложенного разработана инженерная методика оценки надежности ТС по параметрам качества обработанных деталей, которая носит рецептурный характер и предусматривает ряд ситуаций, отличающихся степенью априорной информированности инженера-технолога об интересующей его ТС.

Существенного повышения эксплуатационных свойств деталей машин можно достичь путем обработки их поверхностей методом ППД на станках с компьютерными системами ЧПУ (станках типа CNC). В этом случае имеются возможности создания как традиционных, так и принципиально новых (кусочно-линейных, квазирегулярных, стохастических и др.) микрорельефов, которые реализуются программным методом при наличии простейшего накатника или выглаживанием или упругого действия с центральным или периферийным устройством. Разработано про-

граммное обеспечение и практически реализовано моделирование данного метода обработки на ПЭВМ с целью оценки соответствия параметров качества поверхности заданным и определения параметров управляющей программы.

Основным достоинством использования компьютерных систем обработки на станках с ЧПУ является возможность управления режимами протекающих процессов (силовые, скоростные, температурные и т. д.) непосредственно в ходе обработки. Это позволяет программным методом управлять ПСПС (геометрические характеристики, физико-механические свойства) в функции координат обрабатываемой поверхности в соответствии с законами действия каких-либо превалирующих высших эксплуатационных факторов (нагрузка, скорость и др.). Т. е. реализуется возможность адаптации поверхности в процессе обработки к известным переменным факторам эксплуатации изделия с целью обеспечения, например, равного износа в направлении одной или нескольких координат. Исследования показали, что параметрическая надежность ТС с компьютерными системами управления выше обычных.

С целью реализации программных методов обработки на станках с ЧПУ типа NC (без встроенных мини-ЭВМ) разработана на базе ПЭВМ система их компьютерного управления, которая может быть реализована как с промежуточным программноносителем, так и без него. Это значительно повышает эффективность использования достаточно обширного парка оборудования такого класса.

Разработанный метод компьютерного управления процессом обработки можно распространить и на ряд других технологических систем.

Список литературы: 1. Проников А. С. Надежность машин. - М.: Машиностроение, 1978, 592 с. 2. Федоров В. П. Проблемы исследования и повышения надежности технологического обеспечения качества деталей машин. // Трение и износ, т. 18 (1987), № 3. - с. 349-360.

СОСТОЯНИЕ СБОРА И МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ВОЛЬФРАМОВЫХ СПЛАВОВ

Федотьев Н. А., Золотарёв Г. Р., Федотьев А. Н.
(ГИЦТС «Светкермет», г. Светловодск, Украина)

The main methods of working waste material are containing wolfram and cobalt and also the state of the quality of using extra-hard waste at the enterprises in Ukraine.

Вольфрам является одним из дефицитнейших металлов. Своих источников сырья для производства вольфрама в Украине нет. Производство твердых сплавов, вольфрамовой проволоки, инструментальных и специальных сталей, куда входит вольфрам полностью зависит от импорта. Ограниченность в валютных средствах не позволяет полностью удовлетворить потребность промышленности в вольфраме.

Одним из важных источников восполнения потребности в вольфраме являются отходы твердых сплавов, вольфрамовой проволоки, образующиеся почти на всех предприятиях Украины.

Из многих существующих способов переработки твердосплавных отходов чаще всего применяют гидрометаллургический, цинковый, электрофизический и механический методы. Гидрометаллургический способ переработки основан на химическом восстановлении из отходов чистых исходных компонентов и приготовление из них твердосплавных смесей. Положительным моментом химических способов является возможность переработки отходов без предварительной классификации по маркам сплавов.

Цинк-метод основан на образовании легкоплавкого эвтектического сплава цинка с кобальтом. Монолитные куски твердого сплава разрыхляются и после испарения цинка хрупкая масса измельчается механическим способом и используется для производства твердых сплавов.

Электрофизический способ основан на разрушении твердых сплавов электрическим разрядом в нейтральной среде. При этом происходит расплавление кобальтовой составляющей твердых сплавов с выбросом микрокапель и последующим быстрым их остыванием и образованием сферических частиц, которые требуется дополнительно механически измельчать в порошок.

Механический метод включает дробление кусковых отходов твердых сплавов с последующим измельчением их.

В свое время предприятиями «Вторцветмета» была организована система сбора отходов твердых сплавов и это было экономически целесообразно. После 1991 года предприятия-производители сырья для твердых сплавов и вольфрама, перерабатывающие отходы твердых сплавов оказались за границей. По заданию Минпрома Украины ГИЦТС «Светкермет» провел работу по обследованию, анализу и паспортизации твердосплавных и других вольфрамовых отходов, образующихся в народном хозяйстве Украины. Цель работы - выявление дополнительных источников сырья на Украине для производства твердых сплавов. Обследованием предприятий о наличии отходов твердых сплавов и вольфрама было охвачено свыше

500 наиболее крупных потребителей твердых сплавов по всем ведомствам и областям Украины.

С учетом экономического кризиса объем потребления твердых сплавов значительно снизился. И даже в этих условиях, по данным предприятий, у них ежегодно образуется более 300 т твердосплавных и других вольфрамовых отходов. Важным направлением работ по экономии вольфрама являются использование безвольфрамовых твердых сплавов и режущей керамики. ГИЦТС «Светкермет» разработан ряд новых марок безвольфрамовых и маловольфрамовых марок твердых сплавов (БВТС). Комплекс всех этих мероприятий (сбор и переработка вольфрамовых отходов, освоение производства и расширение областей применения БВТС и режущей керамики) позволит сократить импорт вольфрама и обеспечить промышленность Украины современным металлообрабатывающим инструментом.

СВЕРХТВЕРДЫЙ СЛОИСТЫЙ МАТЕРИАЛ СВБН ДЛЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Федотьев Н. А., Сытник А. А., Федотьев А. Н.

(ГИЦТС «Светкермет», г. Светловодск, Украина)

(Кременчугский государственный политехнический институт)

In this article is described the laminated extra-hard material on the base of the crystalline polymer diamond and the field of it putting into the practice.

Инструментальный материал СВБН на основе поликристаллического алмаза (предел прочности на сжатие - 1059 кг/мм^2 , твердость по Кноопу - $6500\text{--}8000 \text{ кг/мм}^2$) предназначен для чистовой и получистовой обработки деталей из бронзы, латуни, меди, цинка, алюминия и алюминиевых сплавов, спеченных и полуспеченных твердых сплавов, вольфрама, благородных металлов, пластмассы, резины и других материалов.

Режущий инструмент с механическим креплением пластин из поликристаллического алмаза может быть использован на автоматических линиях, станках с ЧПУ и универсальном оборудовании. Пластина состоит из корпуса, выполненного из конструкционной стали, и режущей части, оснащенной двухслойной вставкой, состоящей из твердосплавной подложки и алмазной рабочей части. Применение пластин из поликристаллического алмаза взамен вольфрамосодержащих твердых сплавов ВК8, ВК3-М, ВК6-ОМ, Т30К4 позволяет увеличить стойкость инструмента в 10-15 раз. При обработке ими алюминия и сплавов на его основе, латуни, спеченных твердых сплавов группы ВК, достигается шероховатость обработанной

поверхности от 0.63 мкм до 0.32 мкм. Поликристаллический алмазный слой с твердосплавной основой делает режущую пластину менее чувствительной к ударным нагрузкам и обеспечивает возможность их применения при прерывистом течении и фрезеровании.

УТОЧНЕНИЕ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ ПЕРЕДАЧ С ПОВЕРХНОСТНО-УПРОЧНЕННЫМИ ЗУБЬЯМИ

Филипович С.И., Кравчук В.С. (ОГПУ, г. Одесса, Украина)

Some ways of bending endurance limits and gearings with surface-strengthened tooth resource revised estimation under designing or after overhaul are proposed.

Совершенствование зубчатых передач и трансмиссий ведется в направлениях повышения их качественных характеристик [1]: надежностью, характеризуемой в основном безотказной работой в течение установленного ресурса (для современных передач нормированные значения вероятности неразрушения составляют $\Omega = 80\text{--}99,9\%$, меньшие величины – для передач общемашиностроительного применения и автотракторных трансмиссий, большие – для турбинных и самолетных), коэффициентом полезного действия (для одноступенчатых цилиндрических и конических передач $\eta = 0,96\text{--}0,98$), удельной материалоемкостью, равной отношению массы передачи m к передаваемой мощности P или вращающему моменту T_T на тихоходном валу (для конкурентоспособных цилиндрических передач $q_p = 0,4\text{--}1,8 \text{ кг/кВт}$, $q_T \leq 0,1 \text{ кг/Н}\cdot\text{м}$) и др. Для достижения этих характеристик необходимо использовать для колес прогрессивные способы их производства, эффективные смазочные материалы и (или) покрытия, а также уточненные методы оценки нагрузочной способности и ресурса передач.

При уточнении расчетной оценки прочности зубчатых колес и совершенствовании методов проектирования конкурентоспособных передач следует учитывать, что в настоящее время преждевременные отказы передач различных типов (по данным ремонтных предприятий, страховых компаний и отдельных фирм) в основном вызваны [1–3] повреждениями зубьев колес (до 40...76 % от повреждений всех деталей) в виде поломок зубьев и ободьев усталостного и неусталостного характера (от 5 до 90 % от всех повреждений зубьев), а также повреждениями их рабочих поверхностей от усталостного выкрашивания (от 2 до 40 %), заедания (до 2...9 %) и износа (от 28 до 80 %).

Для уменьшения или исключения повреждения поверхностей зубьев широко используются различные виды упрочнения поверхностей путем пластического деформирования или нанесения покрытий, а также подбираются соответствующие условиям эксплуатации смазочные материалы. За счет этих мероприятий удалось снизить повреждения от горячего заедания (в среднескоростных и скоростных передачах) и износа (в некоторых типах передач (турбинных, самолетных и др.)). Вместе с тем следует отметить, что при оценке изгибной прочности зубьев пока еще недостаточно полно учитывается влияние поверхностного упрочнения. Это же относится и к таким повреждениям как отслаивание упрочненного слоя.

При разработке путей уточнения расчетов зубчатых передач на прочность следует базироваться на действующие международные (ISO 6336, СТ СЭВ 5744-86) и национальный (ГОСТ 21354-87) стандарты. В этих нормах основные размеры передач (межосевое расстояние a_w , нормальный модуль m) определяют с использованием кривых контактной и изгибной выносливости – пределов выносливости ($\sigma_{H\lim}$, $\sigma_{F\lim}$) и показателей степени левой ветви кривых усталости (q_H , q_F). Значения этих характеристик прочности в разных стандартах неодинаковы, особенно для материалов с различными способами упрочнения зубьев. Это связано с разной степенью накопления экспериментальных данных по сопротивлению зубьев контактным и изгибным усталостным разрушениям. Больше сведений имеется для колес с неупрочненными зубьями. Поэтому уточнение расчетов зубьев целесообразно вести в направлении уточнения определения величин $\sigma_{H(F)\lim}$ и показателей степени $q_{H(F)}$ с учетом опытных кривых контактной и изгибной выносливости, а при их отсутствии – с учетом скорректированных величин для неупрочненных зубьев, что позволяет установить и значение долговечности зубчатых передач, в том числе и остаточный ресурс на различных стадиях эксплуатации или после капитального ремонта. Такой подход рассмотрен на примере уточнения оценки выносливости зубьев при изгибе [4, 5].

На стадии предварительного проектирования передач при отсутствии результатов усталостных испытаний колес с поверхностно-упрочненными зубьями определение изгибной выносливости $\sigma_{F\lim b}$ с заданной вероятностью разрушения P (%) на основе статистической теории подобия усталостного разрушения можно установить, используя опытные данные для подобных образцов, по зависимости [4, 5]

$$\sigma_{F\lim b} = 1,58 \sigma_{F\lim} = 1,58 \sigma_{-1}/K, \quad (1)$$

где $\sigma_{F\lim b}$, σ_{-1} – пределы выносливости при симметричном изгибе для заданной вероятности разрушения P поверхностно-упрочненного зубчатого колеса и неупрочненных гладких лабораторных образцов диаметром $d = 7,5$ мм, изготовленных из заготовок металла рассчитываемого зубчатого колеса; $K = (K_\sigma/K_{d\sigma} + 1/K_{F\sigma} - 1)/Y_d$ – коэффициент снижения предела выносливости.

Значения уточняющих коэффициентов $K_\sigma/K_{d\sigma}$, $K_{F\sigma}$ и Y_d можно рассчитать по зависимостям

$$K_\sigma/K_{d\sigma} = 2\alpha_\sigma / (1 + \Theta^{-\nu_\sigma}); \quad (2)$$

$$K_{F\sigma} = 1 - 0,22 \lg R_Z [\lg(\sigma_b/20) - 1]; \quad (3)$$

$$Y_d = 1/(1 - \Delta)^{3\alpha_\sigma - 2}. \quad (4)$$

где $\Theta = (1/88,3)b_w S / (3\alpha_\sigma - 2)$ – относительный критерий подобия усталостного разрушения зубчатого колеса и цилиндрического образца (b_w – рабочая ширина венца зубчатой передачи, мм; $S = 1,3\pi m/2$ – толщина зуба в опасном сечении (m – нормальный модуль, мм); α_σ – теоретический коэффициент концентрации напряжений на переходной поверхности; $\nu_\sigma = -0,128 + 0,091 \lg [\sigma_{-1}/(1 - \Delta)^{3\alpha_\sigma - 2}]$ – коэффициент чувствительности материала к концентрации напряжений и масштабному фактору (σ_{-1} в МПа) [5]; R_Z – высота неровностей профиля переходной поверхности зуба, мкм; σ_b – предел прочности материала зубчатого колеса, МПа; Δ – относительная толщина упрочненного слоя на переходной поверхности.

Результаты проведенных исследований показали, что на пределы изгибной выносливости и ресурс поверхностно-упрочненных зубьев оказывают существенное влияние коэффициент смещения x и относительная глубина поверхностного упрочнения.

Список литературы: 1. Заблонский К.И., Филипович С.И. К расчету зубчатых передач по предельным состояниям зубьев. – 19 с. – Деп. в ГНТБ Украины 01.12.1995, №2583 – Ук 95. 2. Филипович С.И. Учет предельных состояний зубьев при проектировании передач. – 14 с. – Деп. в ГНТБ Украины 01.12.1995, №2582 – Ук 95. 3. Филипович С.И. Тенденции выбора материалов в машиностроении с учетом условий эксплуатации изделий // Труды Одес. политехн. ун-та – Одесса, 1997. – №1. – С.8–10. 4. Филипович С.И., Кравчук В.С. Влияние поверхностного упрочнения на долговечность зубчатых передач // Детали машин. – К.: Техніка. – 1985. – Вып. 40. – С.43–46. 5. Филипович С.И., Кравчук В.С. Оценка циклоустой-

кости поверхностно-упрочненных зубьев // Детали машин. — К: Техніка, 1989. — Вып. 48 — С.30–34.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ХОЛОДИЛЬНИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В КАЧЕСТВЕ ВСПЕНИВАТЕЛЯ ЦИКЛОПЕНТАНА

Филиппов С.Н., Гейер Г.В., Сенявин В.А., Головецкий Б.М.
(АО "НОРД", ЗАО "ДИХТ", г. Донецк, Украина)

Problems of reconstruction of assembly lines of production of refrigerators with isocyanat isolation for want of transition from blowing agents of a type CFC11 to blowing agents, representing low temperature boiling or combustible gases.

Акционерное общество "Норд", как и многие другие европейские производители холодильной техники, активно выполняет требование Монреальского протокола замены полностью замещенных галогенированных вспенивающих агентов (CFC) типа CFC11 в производстве пенополиуретановых пен на агенты другой химической природы, представляющие собой низкотемпературно кипящие газы типа HCFC 141b. Степень разрушения озонового слоя для HCFC 141b составляет 0,15 (ODP), а у предшественника CFC11 - 1,0 (Ozone Depletion Power).

В настоящее время на предприятии выполнены все технические мероприятия и произведена полная замена вспенивателя CFC11 на HCFC141b. С применением данного вспенивателя с середины 1992 г. в Германии достаточно прочно утвердился эталон под названием "Толубой Ангел", свидетельствующий об экологической чистоте продукции. Но это только промежуточный этап по переходу на вспенивающие агенты с нулевой степенью разрушения озонового слоя атмосферы.

Конечной целью является переход производства холодильников с пенополиуретановой изоляцией на использование в качестве вспенивателя горючего газа циклопентана, который в настоящее время рассматривается как идеальный вспенивающий агент, обладающий нулевой характеристикой по разрушению озонового слоя атмосферы. К основным преимуществам циклопентана следует отнести низкую теплопроводность и низкую стоимость. В качестве недостатка - незначительного но все же имеющего место такого явления, как "смог".

Таким образом речь идет об использовании в производстве холодильников чистого циклопентана и соответствующей полиольно-

пентановой смеси. Потребность в оптимизации теплопроводимости диктует необходимость в доведении содержания вспенивающего агента в смеси до 12 % от веса полиола.

Наше предприятие еще не имеет собственного опыта работы с циклопентаном. Нами уже изучен опыт европейских предприятий-изготовителей холодильной техники с использованием циклопентана, предприятия, специализирующихся на разработке и выпуске оборудования для получения пенополиуретановой изоляции, а также химических предприятий, выпускающих сырье ППУ-изоляции.

Нам известно, что при проектировании и создании производства в целом и отдельных частей оборудования по выпуску пенополиуретановых материалов для теплоизоляции холодильников, где в качестве вспенивающего агента используется циклопентан, необходимо учитывать взрывоопасный характер данного производства. Поэтому необходимо строго соблюдать ряд технико-технологических правил. Речь идет о следующих правилах и мерах предосторожности:

■ По машине смешивания полиола с циклопентаном:

- Раздельная конструкция системы подачи полиола.
- Размещение смесительного оборудования в специальной кабине, где разгрузка полученной смеси производится из нижней части.
- Взрывобезопасное исполнение электрооборудования, укомплектованного датчиками наличия газа.

■ По заливочной машине:

- Размещение оборудования внутри специальной кабины, оснащенной системой вытяжной вентиляции.
- Электродвигатели типа IP 54.
- Датчик, сигнализирующий о наличии газа.

■ По расходным емкостям заливочной машины:

- Создание повышенного давления в емкостях с полиолциклопентановой смесью.
- Взрывобезопасное исполнение уровнемера в конструкции емкости.
- Конструктивные особенности противоаварийных и выхлопных клапанов, работающих в азотной среде и среде других взрывоопасных газов.
- Установленный на уровне пола датчик, сигнализирующий о наличии газа.

■ По линиям вспенивания:

- Размещение всего оборудования в составе линий внутри специальных кабин, оснащенных детекторными системами обнаружения газа и системой вентиляции.

- Наличие оборудования для снятия электростатических зарядов образующихся в процессе пенообразования.
- Предусмотреть продувку азотом закрытого объема шкафов холодильника перед заливкой.

Решение задач безопасности затрагивает глобальные проблемы реконструкции или полной замены существующих технологических линий и установок изготовления пенополиуретановой теплоизоляции холодильников, требующие затрачивать значительные капиталовложения.

СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ПОРОШКОВЫХ КРАСОК

Филипцов С.Н., Склярченко Н.А., Демина Л.Г.
(АО "НОРД", ЗАО "ДИХТ", г. Донецк, Украина)

Technology of receiving of coating on the basis of polymeric powder materials and equipment of it's laying is what SC "NORD" introduces today.

Получение качественного коррозионно-стойкого декоративного покрытия на основе порошковых композиций для деталей холодильников намечалось выполнять на специально разработанной автоматизированной линии нанесения полимерных покрытий. Проект был выполнен Венгерским институтом TOVALL, оборудование изготовлено и смонтировано фирмой FIORD.

Подготовка поверхности под окрашивание заключается в последовательной обработке детали растворами при прохождении ее через ряд последовательно установленных ванн, завершает этот ряд водоосушительная печь. Для достижения при окрашивании необходимой величины адгезии лакокрасочного слоя к металлу последний подвергается химической обработке- обезжириванию поверхности и последующему нанесению фосфатного или хроматного покрытия. При химическом обезжиривании жиры растительного и животного происхождения удаляются щелочными растворами. Эти жиры удаляются омылением и эмульгированием в водных растворах. После обезжиривания стальные детали подвергаются фосфатированию. Химическое фосфатирование основано на способности ортофосфорной кислоты образовывать на поверхности большинства металлов малорастворимые фосфаты, пассивруя их. Фосфатная пленка обладает высокой адгезией к металлу, имеет хорошо развитую поверхность и обладает некоторыми защитными свойствами. Промывка изделий водой осуществляется после каждой операции при подготовке его под покрытие.

При промывке водой с поверхности изделия удаляются все частично или полностью растворимые, разрушенные или эмульгированные вещества и вещества с предыдущей операции, снижающие эффективность раствора в последующей операции. Поэтому, как правило, применяется двукратная промывка: первая промывка горячей водой (при повышении температуры растворимость большинства веществ повышается) и вторая промывка холодной водой (чаще всего в целях экономии). Сушка изделий проводится при температуре 110-115°C горячим воздухом. Однако в процессе эксплуатации линии подготовки поверхности был выявлен ряд существенных недостатков которые сказались на качестве выпускаемой продукции. Линия подготовки поверхности проработав 6 месяцев со дня монтажа была заменена на агрегат подготовки поверхности собственной разработки и изготовления. Была проведена полная замена рабочих ванн, кожуха агрегата, замена всех коллекторов в связи с полным выходом их из строя (коррозия). АПП был наращен двумя ваннами обезжиривания и промывки из-за недостаточного качества обезжиривания при обработке изделий только в ванне совмещенного обезжиривания фосфатирования. На входе и выходе из агрегата установлена воздушная завеса, для отсеивания водной пыли и попадания растворов в цеховое помещение.

По выходу деталей из водо-осушительной печи производится пере навеска деталей на конвейер окраски, который проходит через кабину напыления и печь плавления покрытия. Установка напыления состояла из распылителей порошка NORDSON-Icab предназначенного непосредственно для распыления порошковой краски ТРИБО, и системы рекуперации порошка. К распылительной кабине присоединяется несколько пистолетов-распылителей. Скорость протекания воздуха -0,3 м/сек. Относительно низкая величина принята во избежание статического заряжения, вызываемого турбулентным потоком воздуха. Существенный элемент системы напыления состоит в том, что попавший в кабину (не на поверхность обрабатываемого изделия) порошок может быть регенерирован. В результате непрерывного отсоса порошок из кабины попадает в отделительный циклон. Циклон работает по принципу обычного центробежного отделения. После центрифуги оставшаяся часть отсосанного порошка отделяется в пылеуловительном фильтре "Trinco".

За время эксплуатации линии печь оплавления также как и установка напыления с системой рекуперации со дня монтажа претерпела технологическую модернизацию. Доработка печи включила в себя наращивание корпуса печи и установку дополнительных нагревательных тел. Время нахождения детали в печи было не достаточно для достижения необходимой степени отвердения порошковой пленки (при скорости конвейера

2,5 м/мин деталь находилась 7 мин. вместо диктуемых сертификатом 10 мин. в зоне с температурой $T=200^{\circ}\text{C}$).

Для качественного проведения лабораторного контроля, проведения экспресс анализов лаборатория лакокрасочных покрытий оснащена приборами и аппаратурой производства Германии.

Опираясь на собственный опыт при разработке новых единиц (узлов) окрасочного оборудования, специалистами АО "НОРД" было изготовлено несколько линий по нанесению порошкового покрытия которые уже смонтированы и успешно работают.

Оборудование "НОРД" это легко приспособляемая универсальная система кабин напыления и возврата порошка.

Рынок и требования постоянно изменяются, это касается также технологий нанесения покрытий в промышленности, где непрерывно возрастают требования к качеству, цене, ожиданиям эксплуатационных качеств. Надежность оборудования, легкость работы и чистота также очень важны для пользователей. Идеальным решением является установка напыления "НОРД" - конструкция кабины совершенна и оптимизирована к любому применению.

ВЫБОР КОМПОНЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВИРТУАЛЬНЫХ КОРПОРАЦИЙ

Хагет И.Л., Хилько Д.А. (МГТУ "Станкин", г. Москва, Россия)

Building of industrial virtual corporations (IVC) require adequate set of IT tools. System of criterions for best choice of them have been proposed. Testing of ARS Remedy showed possibilities of using it on the first stages of building IVC. Big and complex corporations require different class of tools for development.

Создание сети виртуальных производственных корпораций является одним из нетривиальных путей выхода из кризиса отечественной промышленности. Это требует, однако, привлечения высококвалифицированных специалистов и значительных финансовых ресурсов. В этой связи задача выбора компонентов информационного обеспечения при создании виртуальной корпорации является крайне важной. Для функционирования виртуального субъекта экономической деятельности необходимо каждому его реальному ресурсу поставить в соответствие виртуальный отражающий информационный ресурс. Отражающие ресурсы имеют стандартную структуру: статус, координата, паспорт, структура хранения (эта структура

заимствована из информационной модели ГПС [3]) и размещаются на специализированном сервере - сервере состояний [2].

Общение между реальными и отражающими ресурсами поддерживают с помощью стандартного набора операций: добавить ресурс, удалить ресурс, запросить статус, обновить статус, получить управление. Такое связывание отражающих ресурсов и операций (процедур) для работы с ними, наличие развитой иерархии и взаимоотношений "parent-child" полностью соответствует общепринятому объектному подходу, благодаря которому программная реализация отражающих ресурсов существенно облегчается. С другой стороны, идеология отражающих ресурсов носит ярко выраженный клиент-серверный характер, что затрудняет ее программную реализацию [1].

Анализ различных технологий, выполненный на кафедре КСУ МГТУ "Станкин", показал, что наилучшим решением является использование Internet-технологий и открытых стандартов. В этом случае сервер состояния реализуется на базе программного обеспечения www-сервера, используются стандартные протоколы коммуникаций (ТСР/ПР, НТТР) с открытыми спецификациями.

Экономический анализ позволил сформировать представительную систему критериев выбора средств реализации сервера состояния:

- способ хранения данных и интерфейс к СУБД. Выявлено, что сервер состояния способен работать без использования СУБД, что существенно снижает стоимость внедрения системы. Тем не менее, сложные отношения наследования ресурсов корпорации значительно проще реализовать с использованием реляционных баз данных;
- масштабируемость и производительность. Заключается в возможности наращивания числа серверов или в переходе на более производительные аппаратные платформы без смены инструментальных средств. Опыт работы Internet показывает, что в ряде случаев требуется повышение характеристик системы на несколько порядков в течение нескольких месяцев;
- надежность. Функционирование виртуальной корпорации невозможно без сервера состояния, поэтому его надежность является одним из наиболее весомых критериев. При этом необходим учет показателей как безотказности (параметр потока отказов), так и ремонтпригодности (средняя продолжительность восстановления после отказа), например, через коэффициент готовности;
- стоимость - в отечественных условиях является, как правило, решающим критерием принятия системы;

- интеграция с другими системами. Большинство предприятий уже обладают собственными информационными системами. Возможность интеграции сервера состояния с существующими системами позволяет использовать накопленные ранее данные и существенно повысить возможности информационной инфраструктуры корпорации;

- безопасность. Функционирование виртуальной корпорации связано с большим объемом и высокой интенсивностью финансовых операций, что накладывает существенные ограничения на выбор инструментальных средств. Отсутствие в России законодательной базы для выполнения "электронных платежей" требует дополнительного уточнения критериев безопасности после принятия соответствующих законов.

С целью практической реализации программной поддержки виртуальной деятельности и проверки выдвинутых положений испытывали программное обеспечение Action Request System (ARS) корпорации Remedy. Основное назначение продукта – поддержка работы службы оперативного управления предприятием.

Тестирование проводили в двух конфигурациях: аппаратная платформа – PA-RISC, операционная система – HP-UX 10.20, используемая база данных – Oracle 7.3.2.2, а также - аппаратная платформа – Intel Pentium, операционная система – Windows NT 4.0, без использования базы данных. В процессе тестирования разработали структуру базы данных, интерфейс пользователя в виде набора форм и отчетов, создали базу данных по 80 различным ресурсам виртуальной корпорации.

Программное обеспечение показало высокую масштабируемость и производительность, может работать на различных системах – от персональных компьютеров до суперкомпьютерных кластеров. Показана достаточная безотказность и экономичность системы. Для тестирования системы по критерию "возможность интеграции" выполнили интеграцию ARS Remedy со следующими подсистемами: система управления компьютерной сетью HP OpenView IT/Operations; система инвентарного учета Accugraph PNM; система управления рабочими местами сотрудников HP Desktop Administrator. Открытость спецификаций и наличие средств разработки позволили утверждать о возможности интеграции системы с любой другой открытой. По критерию безопасности ARS Remedy удовлетворяет базовым требованиям к СУБД.

Система имеет интерфейсы к большому перечню баз данных, что позволяет использовать уже имеющиеся на предприятии СУБД. Вместе с тем способ хранения данных во внутренних структурах является несколько специфичным. В частности, реализация взаимодействия наследования объектов является весьма трудоемкой. А именно такое взаимодействие не-

обходимо для расширенного описания и функционирования производственных виртуальных корпораций. В ходе испытаний трудоемкость описания технологического модуля, состоящего из станка и робота, была оценена как чрезвычайно большая. Таким образом, использование рассмотренной системы на первых этапах формирования виртуальной производственной корпорации является наиболее дешевым и гибким решением, однако в будущем могут возникнуть серьезные проблемы при необходимости использовать сложные модели взаимодействий.

Результаты испытаний позволили сделать следующие выводы.

1. При выборе инструментальных средств информационного обеспечения создания производственных виртуальных корпораций возможно использование уже существующих систем.

2. При использовании существующих систем необходим предварительный анализ возможности реализации объектного подхода с возможностью отношений наследования.

Список литературы: 1. Сосонкин В.Л., Хае И.Л. Концепция информационного обеспечения виртуальной производственной корпорации в машиностроении // Надежность режущего инструмента и оптимизация технологических систем. - Краматорск: ДГМА, 1996. - С. 135-142. 2. Сосонкин В.Л., Хае И.Л. Информационные аспекты создания виртуальных производственных корпораций // Международный форум информатизации МФИ-97. - Москва, 1997. - Том 2, с. 160-165. 3. Сосонкин В.Л., Самородских Л.Б. Построение информационных моделей ГПС // Станки и инструмент, 1989, № 5. - С.5-8.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАРЕЗАНИЯ ТОЧНЫХ ВНУТРЕННИХ РЕЗЬБ КОМБИНИРОВАННЫМИ МЕТЧИКАМИ

Хандожко А.В., Лексиков В.П. (БГТУ, г. Брянск, Россия)

In a paper problems of a research of the process of cutting of internal exact threads with large pitch are considered. New technique of an evaluation of the power factors, originating at creation of the profile threads combined tap is developed.

Современное машиностроение предъявляет все более высокие требования к деталям и их соединениям. Это в полной мере относится и к резьбовым соединениям. Все чаще применяют резьбы 4-5 качества и точнее. Зачастую при этом предъявляются специфические требования к качеству поверхности. Например, в крепежных гайках крупных дизелей

отдельно оговаривается (независимо от точности) шероховатость боковых сторон в пределах $R_a=0,63...1,25$ мкм. Особые трудности при этом вызывает обработка резьб с крупным шагом. В связи с этим приходится изменять подход к обработке резьб такого типа.

Если в мелкосерийном производстве такая задача решается обычно за счет квалификации рабочего, то для серийного производства новые требования нужно обеспечивать путем совершенствования технологии (оборудования, инструмента, оснастки). Как показали многочисленные исследования ухудшение качества обрабатываемой резьбы происходит по следующим причинам: неоптимальная схема резания, неудовлетворительное состояние режущих кромок инструмента, разбивка среднего диаметра либо за счет биения (несоосности инструмента и отверстия под резьбу) либо за счет осевых сил возникающих при самозатягивании метчика.

Как правило, очень трудно оценить степень влияния каждого из отдельных факторов на суммарную погрешность. Наиболее сложной задачей при этом является исследование влияния осевых сил на качество получаемой резьбы. Несовершенство экспериментальной базы не позволило достаточно корректно оценить величины осевых сил, возникающих при нарезании резьбы метчиками. В тоже время доказано, что именно эта составляющая является очень важной при обработке точных резьб. Большое количество конструкторских решений направлены на снижение влияния осевой силы на качество резьбы. Это и использование метчиков с бочкообразными зубьями, и с большим углом стружечной канавки, а также различные конструкции резьбонарезных патронов.

Нами разработано несколько вариантов комбинированных метчиков со специальными схемами формирования профиля резьбы, существенно снижающими влияние осевых сил на разбивку среднего диаметра резьбы.

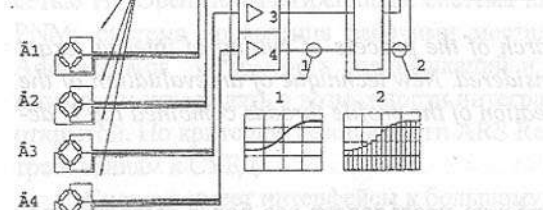


Рис.1. Блок-схема измерительного комплекса на базе ПЭВМ.

На базе ПЭВМ и специальный патрон (рис.1).

Однако для оценки степени эффективности предлагаемых решений нужны более совершенные методики экспериментальных исследований. Для этих целей была разработана информационно-измерительная система.

Конструкция патрона выполнена таким образом, чтобы обеспечить максимально возможную степень точности измерений как осевой силы, так и крутящего момента. Для обеспечения универсальности конструкции она выполнена по модульному принципу. Посадочные и крепежные элементы выполнены заменяемыми с использованием стандартных решений. Для снижения влияния сил трения в компенсационном узле патрона применены шариковые направляющие. Силоизмерительный модуль включает два активных элемента - торсион для измерения крутящего момента и мембрану для осевых сил. На них установлены тензодатчики, соединенные по известным схемам. Тарировка показала, что надежно фиксируются осевые силы, начиная с 1Н и крутящие моменты с 2...3 Н*м. Усиленный сигнал подвергается АЦП-преобразованию и передается в ПЭВМ. Программное обеспечение дает возможность отображать сигнал в масштабе реального времени, преобразовывать его, сохранять на внешних носителях и выводить на принтер или графопостроитель (рис.2).

Для хранения информации был разработан собственный формат файла, обеспечивающий хранение не только результатов замеров, но необходимые комментарии, режимы обработки, тарировочные коэффициенты и др. Наличие файла данных позволяет выполнять накопление информации, ее математическую обработку от предварительной статистической

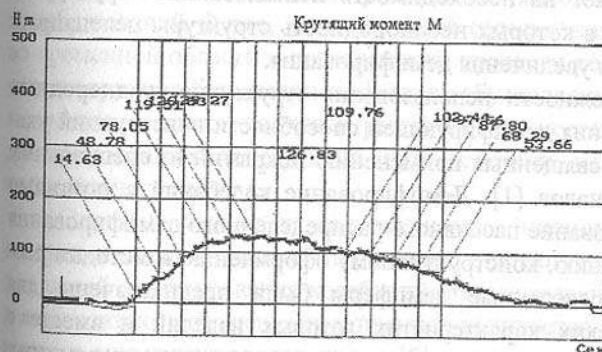


Рис. 2. Пример диаграммы крутящего момента при обработке внутренней резьбы.

С помощью этой системы исследований удалось выполнить анализ разработанных комбинированных метчиков для обработки точных резьб с большим ($P > 3$ мм) шагом и оптимизировать их конструктивные параметры. Имеющиеся результаты исследований также можно использовать для формирования научно-обоснованных требований к резьбонарезным патронам при использовании стандартного инструмента.

до получения аппроксимирующих эмпирических и теоретико-эмпирических моделей, т.е. приблизить информационно-измерительную систему к полноценному фрагменту АСНИ.

С помощью этой системы исследований удалось

ПРОБЛЕМЫ СИНТЕЗА СЛОЖНЫХ ДЕМПФИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Хильчевский В. В., Дубенец В. Г.
(НТУУ «КПИ» – ЧТИ, г. Киев – Чернигов, Украина)

The paper contains the brief survey of studies on the calculation and designing problem of structural non-homogeneous damped structures.

Большинство реальных конструкций представляет собой сложные системы, состоящие из упругих и неупругих элементов с распределенными параметрами, сосредоточенных масс, и демпферов. Точное описание и анализ движения таких систем требуют разработки математических моделей и методов синтеза конструкций из подсистем. В настоящей публикации представлен краткий обзор исследований, посвященных разработке и анализу математических моделей конструкций с высокой демпфирующей способностью.

Анализ возможностей, которыми располагает техника для решения проблемы создания конструкций с высокой, стабильной и, что весьма существенно, контролируемой на этапе проектирования демпфирующей способностью, указывает на необходимость использования структурно-неоднородных систем, в которых неоднородность структуры целенаправленно используется для увеличения демпфирования.

Впервые о возможности использования структурно-неоднородных элементов для повышения демпфирующей способности конструкций указывалось в работах, посвященных применению покрытий из специальных демпфирующих материалов [1]. Демпфирование колебаний с помощью покрытий получило название пассивного распределенного демпфирования [4]. По своему назначению, конструктивному оформлению и методам расчета пассивные распределенные демпферы были предназначены для улучшения динамических характеристик готовых изделий и вместе с улучшением параметров демпфирования изменяли и другие параметры, заложенные в проекте, что в большинстве случаев было нежелательным.

Естественным развитием этого направления явились работы, посвященные расчету и проектированию структурно-неоднородных конструкций, для которых демпфирование было равноправным параметром на стадии проектирования. Наиболее яркими представителями таких конструкций являются многослойные пластины и оболочки и конструкции из композиционных материалов.

Первые работы по анализу демпфирования в многослойных элемен-

тах конструкций опубликованы в [2,3]. За прошедшие почти тридцать лет усилиями многих исследователей проблема расчета структурно-неоднородных демпфированных конструкций получила существенное развитие [6,7]. Рассмотрены возможные подходы к анализу слоистых конструкций с учетом амплитудной и частотной зависимости рассеяния энергии, разработаны корректные методы расчета тонкостенных элементов конструкций при стационарных и нестационарных нагрузках, обобщена на демпфированные конструкции методика синтеза сложных комбинированных механических систем, основанная на применении метода конечных элементов (МКЭ) [7,8,9]. В отличие от существующих подходов для построения матриц демпфирования, использующих концепцию так называемого «пропорционального» демпфирования, показано, что наиболее корректным методом построения конечно-элементных моделей демпфированных конструкций есть метод, который основывается на реальных физических зависимостях для материала, учитывающих его неидеальную упругость. В этом случае отпадает необходимость в каких-либо предположениях относительно матриц демпфирования, автоматически учитываются особенности рассеяния энергии в микрообъемах конструкции, сохраняется традиционная последовательность конечно-элементного синтеза. Для материалов, у которых рассеяние энергии слабо зависит от амплитуды и зависит от частоты колебаний, предлагается метод синтеза в пространстве преобразований Фурье, не требующий составления уравнений движения во временной области и позволяющий провести редуцирование обобщенных координат без потери эффектов, обусловленных влиянием высших гармоник, а также получить решение для нестационарных колебаний демпфированных конструкций при действии нагрузок произвольного спектрального состава.

Отдельно следует упомянуть о композиционных материалах. Будучи по сути дела сложными конструкциями, они могут также проектироваться для целей демпфирования колебаний. Моделированию рассеяния энергии в композитах посвящено ограниченное количество работ. Изучение этого вопроса еще далеко от завершения [5].

Рассматривая проблему создания эффективных вибродемпфированных конструкций, нельзя не упомянуть тесно связанную с ней задачу оптимального синтеза. Из огромного числа публикаций по оптимальному проектированию вопросам синтеза оптимальных по затуханию колебаний систем посвящено лишь несколько работ. Краткую справку по этому вопросу можно найти в [10].

Проблема синтеза демпфированных структурно-неоднородных механических систем, несмотря на усилия многих исследователей, ещё дале-

ка от завершения. Ждут дальнейшего развития вопросы оптимального проектирования, расчета нестационарных колебаний, моделирования рассеяния энергии в анизотропных композиционных материалах, учета демпфирования как равноправного параметра при проектировании таких сложных систем как высокоскоростные роботы и механизмы с гибкими связями. Представляют также интерес многочисленные конкретные приложения теории синтеза демпфированных систем, разработка алгоритмов эффективных методов расчета и их программных реализаций.

Список литературы: 1. Демпфирование вибраций авиационных конструкций при акустических нагрузках. — ЦАГИ, БНТИ, 1968. — №255. — 98с. 2. Дубенец В. Г. Свободные колебания многослойных пластин с диссипативными прослойками // Проблемы прочности. — 1969. — №6. — С.89 — 92. 3. Хильчевский В. В., Дубенец В. Г. Рассеяние энергии при колебаниях тонкостенных элементов конструкций. — Киев: ВП, 1977. — 250с. 4. Нашиф А., Джоунс Д., Хендерсон Дж. Демпфирование колебаний. — М.: Мир, 1988. — 448с. 5. Дубенец В. Г. Моделирование несовершеннo-упругих свойств композитных материалов // Проблемы прочности. — 1988. — №12. — С.81 — 86. 6. Динамика и устойчивость слоистых композитных материалов / Под ред. А. Н. Гузя. — Киев: Наук. Думка, 1991. — 368с. 7. Дубенец В. Г., Хильчевский В. В. Колебания демпфированных композитных конструкций. — Киев: ВП, 1995. — 210с. 8. Дубенец В. Г. Скинченно-элементне моделювання демпфированих конструкцій // Вісник Чернігівського технологічного інституту. — Чернігів, 1996. — №1. — С.135-140. 9. Дубенец В. Г. Синтез складних демпфированих конструкцій // Вісник Чернігівського технологічного інституту. — Чернігів, 1996. — №1. — С.141-147. 10. Дубенец В. Г. Задачі оптимізації демпфированих конструкцій // Вісник Чернігівського технологічного інституту. — Чернігів, 1996. — №1. — С.147-154.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СУШИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ЕГО ЗАРУБЕЖНЫХ АНАЛОГОВ

Хомичук В. А. (АООТ «Донецкий завод «Продмаш», г. Донецк, Украина)

The drying equipment produced by factory "Prodmarsh" is based on use of a method drying in vibroboiling layer of an inert material. On a lot of technical parameters the given equipment exceeds the foreign analogs.

В Украине оборудование для сушки жидких пищевых продуктов выпускается серийно на Донецком заводе «Продмаш» и Калиновском машиностроительном заводе «Пищемаш».

Сушильные установки Калиновского машзавода предназначены для сушки молока, в них использован принцип распылительной сушки.

Выпускаемые Донецким заводом «Продмаш» сушильные установки предназначены для сушки яичного меланжа, яичного белка, крови животных в виброкипящем слое инертного материала.

Наибольшее распространение получила выпускаемая серийно с 1982 года установка марки А1-ФМУ производительностью 60 кг/час по испаренной влаге, в основном используемая на мелких и средних птицефабриках.

Пользуется стабильным спросом выпускаемая серийно с 1986 года установка марки А1-ФМЯ производительностью 150 кг/час по испаренной влаге, используемая на средних и крупных птицефабриках.

Установка марки А1-ФМБ производительностью 300 кг/час по испаренной влаге используется только на крупных птицефабриках.

С 1997 года освоено производство миниустановок для частных и фермерских хозяйств производительностью 10 кг/час по испаренной влаге, а в 1998 году завод приступил к производству сушильных установок производительностью 30 кг/час по испаренной влаге для фермерских хозяйств и мелких птицефабрик.

Распылительные сушилки производительностью менее 150 кг/час по испаренной влаге на птицефабриках стран СНГ не эксплуатируются.

Используемый метод сушки в виброкипящем слое инертного материала впервые разработан и применен в начале восьмидесятых годов в лаборатории сушки пищевых продуктов под руководством д. т. н. Рысина А. П. (г. Москва). За рубежом аналогичные методы сушки не применяются.

До внедрения установок А1-ФМУ, а позже А1-ФМЯ и А1-ФМБ основная масса яичного порошка вырабатывалась в системе птицепрома на распылительных сушилках фирмы «Ангидро» (Дания). Дополнительно в 1982 году и в 1986 году были закуплены распылительные сушилки РС-150 фирмы «Единство» (Югославия), разрабатываемые по лицензии фирмы «Ниро Атомайзер» (Дания).

Для корректного сопоставления технических показателей качества установок с сушкой в виброкипящем слое и распылительных сушилок были выделены только те одинаковые операции и соответствующее оборудование, которые имеют место в обеих установках.

В установках А1-ФМУ, А1-ФМЯ и А1-ФМБ осуществляются следующие операции:

- фильтрация яичной массы, охлаждение, гомогенизация и сбор (хранение) яичной массы перед сушкой;
- сушка в виброкипящем слое, совмещенная с одновременной пастеризацией;
- механизированная мойка сушильной камеры и циклонов;
- контроль и управление, автоматическое поддержание заданных параметров процесса.

Таким образом, при сопоставлении параметров из установки РС-150 были исключены линия приемки, мытья, контроля и разбивки яиц; дополнительное оборудование и электрокалорифер сушки распылением, который включается лишь в случае, если давление пара ниже проектного.

Установки для сушки жидких пищевых продуктов характеризуются следующими единичными показателями:

- X1 - производительность техническая по испаренной влаге, кг/час;
- X2 - занимаемая площадь, м²;
- X3 - удельное потребление электроэнергии, кВт ч/кг;
- X4 - удельное потребление пара, кг/кг;
- X5 - производительность на единицу занимаемой площади, кг/ч м²;
- X6 - удельная масса изделия, кг ч/кг;
- X7 - коэффициент автоматизации.

Значения единичных показателей качества отечественных установок и соответствующих зарубежных аналогов (установки 1-РС-150 и 2-РС-150) приведены в таблице 1.

По результатам выполненных сопоставлений сформулирован вывод: установки для сушки жидких пищевых продуктов, выпускаемые Донецким заводом Продмаш соответствуют мировому уровню. Дополнительно, в качестве положительных отличий следует отметить: установки для сушки в виброкипящем слое инертного материала можно монтировать в одноэтажных помещениях. В то время как дисковые распылительные сушилки требуют обязательного строительства цехов с высотой сушильного зала не менее 12 метров.

Низкое давление пара (0,3 0,4 МПа вместо 1,3 МПа в дисковых распылительных сушилках позволило осуществить их широкое внедрение на действующих птицефабриках стран бывшего СССР без дополнительных затрат на усовершенствование паросилового хозяйства.

Из распылительных сушилок фирмы «Ангидро» в настоящее время эксплуатируется установка производительностью 300 кг/час по испаренной влаге на птицефабрике «Томилинская» (Московская область).

Таблица 1.

Марка установки	Единичные показатели						
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
A1-ФМУ	60	9,4	0,27	3,33	6,35	60	0,9
1-РС-150	150	63	0,37	3,33	2,38	121	0,9
A1-ФМЯ	150	26	0,27	3,21	5,76	46,7	0,9
1-РС-150	150	63	0,37	3,33	2,38	121	0,9
A1-ФМБ	300	40	0,28	3,06	7,5	48,3	0,9
2-РС-150	300	48	0,30	3,33	3,1	66,7	0,9

Основные технико-экономические показатели сушилок трех фирм производителей приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Основные технико-экономические показатели	A1-ФМУ «Продмаш» Украина	РС-150 «Единство» Югославия	№ 10 «Ангидро» Дания
1. Удельный расход энергии (к испаренной влаге), кДж/кг	7667	7684	7767
2. Удельный расход металла (к испаренной влаге), кг/кг	57	121	73,5
3. Объем испаренной влаги на единицу занимаемого объема, кг/м ³	1,0	0,24	0,625
4. Потери продукта при сушке, %	1,7	2,5 - 2,8	2,5 - 2,8

По сравнению с распылительными сушилками установки с виброкипящим слоем инертного материала обеспечивают уменьшение удельных показателей на 1 кг порошка: так, производственный объем уменьшается в 4-6 раз, расход металла в 2,6 раза, расход ледяной воды до 6 раз. Меньше расход пара и электроэнергии. Сокращаются потери продукта при производстве в 1,4 - 1,7 раза.

СВОЙСТВА ТОНКИХ ТИТАНОВЫХ ПОКРЫТИЙ, НАНЕСЕННЫХ СПОСОБОМ МЕХАНОХИМИЧЕСКОГО МОЛЕКУЛЯРНОГО НАСЛАИВАНИЯ

Царевский В.Б., Ирген Л.А., Циприн М.Г. (ИМП ЛУ, г. Рига, Латвия)

High corrosion resistance of thin titanium claddings coated to steel workpieces during the process of their vibroabrasive machining is shown. Polymer abrasive grains contained the titanium nitride additives was used.

В настоящее время для получения защитных покрытий (далее Пк) получает распространение процесс механоплейтинга [1]. Он экономически более выгоден, чем традиционные процессы, но имеет и некоторые недостатки: неполное покрытие поверхности (сплошность Пк от 90 до 95%) и некоторая разнотолщинность в зависимости от кривизны поверхности. Толщина Пк варьируется от 6 до 90 мкм и зависит от размеров исходных порошков. Эти особенности структуры в Пк малой толщины приводят к тому, что при испытаниях в условиях морской атмосферы (экспозиция до 5 лет) от 5 до 98% поверхности образцов (для различных составов) коррозионно разрушаются [2].

Как известно [3], титан и его сплавы относятся к числу наиболее стойких в условиях морской атмосферы при обычных температурах материалов. В сходных условиях испытаний титановые Пк следов коррозионного разрушения не имеют. При обычных температурах они практически не восприимчивы к щелевой, питтинговой и общей коррозии. Это касается и тонких Пк с толщиной ≈ 1 мкм, нанесенных ионно-плазменным способом.

Исходя из вышеизложенного, разработка конструктивно простой технологии нанесения тонких титановых Пк на различные детали представляет практический интерес.

Ранее [4] сообщалось о возможности нанесения защитных Пк на детали из различных металлов и сплавов способом механохимического молекулярного наплавления одновременно с виброабразивной обработкой специальными средами типа CRS.

В настоящем сообщении представлены результаты изучения коррозионной стойкости тонких титановых Пк, нанесенных подобным способом.

Обработку осуществляли в вибробункере. Время обработки – 30 минут, смачиватель – вода. Использовали CRS-среду в виде полимераабразивных гранул угловатой формы размером 2,5 - 3,0 мм, содержащих в качестве

плакирующей добавки порошок нитрида титана с размером частиц 0,05-0,08 мкм.

Обработанные детали имели светло-серебристый цвет поверхности и толщину Пк (металлографический метод) не менее 1 мкм.

Испытания на стойкость Пк к коррозии в условиях промышленной атмосферы осуществляли экспонированием на стенде. Результаты представлены табл.1.

Таблица 1 - Стойкость тонких титановых Пк на различных металлах к коррозии в условиях промышленной атмосферы.

Материал подложки	Время выдержки, лет	Состояние поверхности образца
Ст.3	5	Небольшое потемнение
Сталь 20Х	5	без изменений
Сталь 40Х	5	без изменений
Сталь 15ХНЗ	5	без изменений
Д16	5	без изменений
ЛС 59	3	небольшое потемнение

Испытания на общую коррозию проводили в соответствии с ГОСТ 6032-84 (в условиях полного погружения образцов в 3% раствор NaCl в течение 18 суток). Дополнительно изучали стойкость Пк к коррозии в условиях циклического погружения образцов в 12% раствор NaCl в течение 10 суток с периодичностью 1 час. Объектами покрытия являлись звенья цепей производства А/О «Даугавпилский завод приводных цепей» и гвозди производства А/О «Лиепаяс металлургс». После выдержки в 3% растворе NaCl поверхность изделий визуально оставалась без изменений; после испытания в 12% растворе NaCl отмечали небольшое потемнение поверхности.

Поскольку титан является более катодным элементом по отношению к большинству металлов, при разрыве тонкой пленки титанового Пк в присутствии водных растворов электролитов возникают благоприятные электрохимические условия для существенного усиления коррозии материала подложки [5]. Для стали, как более анодного элемента пары, подобные условия приводят к реализации механизма очаговой коррозии (питтингу).

Испытания на стойкость Пк к локальному разрыву, возникновению гальванической пары и развитию питтинга проводили в галтовочном барабане, заполненном на 20% объема полимераабразивной средой (гранулы в виде пирамиды 15×15 мм, содержащие в качестве абразива - электроко-

рунд с размером частиц 50-60 мкм). В качестве коррозионно-активной среды в барабан вводили небольшое количество технической воды. Скорость вращения барабана – 13 об/мин. Подложкой для Пк служили звенья приводных цепей (сталь 08КП). Условия и результаты испытаний представлены в табл.2.

Таблица 2 - Стойкость тонких титановых Пк к питтинговой коррозии в условиях ударно-абразивного воздействия.

Количество воды при нанесении Пк	Время уплотнения Пк, час	Время обработки, час	Кол-во локальных очагов коррозии на 1 мм ² поверхности образца. В скобках - средний размер очаговой коррозии, мм.
Уменьшенное	-	1	2,2-2,3 (0,07)
Оптимальное	-	2	1,6-1,7 (0,15)
Оптимальное	12	2	0,35-0,4 (0,05)
Увеличенное	36	2	4,4-4,5 (0,07)
Репер	-	2	5,3-5,5 (0,2)

Выводы. Тонкие титановые Пк, нанесенные способом механохимического молекулярного наслаивания, обладают высокой коррозионной стойкостью к длительной выдержке в условиях индустриальной атмосферы, в условиях периодического смачивания растворами солей и ударно-абразивного воздействия; могут применяться в качестве декоративно - защитного Пк наравне с толстыми Пк из тяжелых металлов (цинк, олово, кадмий).

Список литературы: 1. Thrasher H.M. Mechanical Galvanizing – An Improved Method for Zinc Coating Nails. - Metal Finishing, June 1987. P. 99-102. 2. Holford R.N. Five-year Outdoor Exposure Corrosion Comparison. - Metal Finishing, July 1988, P. 17-18. 3. Морская коррозия. Под ред. Шумахера М. Справочник. Сокращ. перевод с англ.- Москва, Металлургия. 1983, 512 с. 4. Царевский В.Б., Ирген Л.А., Циприн М.Г. Полимераабразивные среды для виброобработки с осветляющим эффектом. - Прогрессивная техника и технология машиностроения. Тез. докл. межд. научно-техн. конф. 12-15 сент. 1995. г. Донецк, - Дон ГТУ, 1995. С. 256. 5. Cotton J.B., Downing D.P. Corrosion Resistance of Titanium to Seawater. - Inst. Marine Engineers Trans., 1957, v. 69 (8). P. 311-319.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ПРОФИЛЯ АЛМАЗНОГО КРУТА

Кокур В.П. (ДонГТУ, г. Донецк, Украина)



Determination is adduced for cutting profile coordinates of diamond grinding with contact method. Special technique and special attachment are used.

При исследовании режущего профиля круга применяют контактные и бесконтактные способы определения координат рабочей поверхности. В литературе отсутствует сравнительная оценка точности различных методов, а оценка точности применяемого метода носит субъективный характер. В ДонГТУ под руководством проф. Матюхи И.Г. при проведении исследований обрабатываемости материалов алмазными кругами на металлических связках были проверены различные способы изучения рабочего профиля круга непосредственно на станке: оптический, запись профилограмм, отсчет координат по индикатору.

Исследования показали, что менее трудоёмким и более точным способом является определение координат точек профиля по индикатору. Особенности методики измерения координат следующие. После шлифования круг высушивают путем вращения в течении 5 минут. Затем в устройство, закрепленное на шпиндельной бабке станка, устанавливается измерительное устройство в паз с направляющими типа "ласточкин хвост".

В спроектированном устройстве погрешность нахождения измеряемых точек рабочей поверхности вдоль образующей круга за счет применения микрометра с ценой деления 0,01 мм составляет $\pm 0,005$ мм, перпендикулярно образующей круга с использованием лупы Бринеля - $\pm 0,014$ мм. Для отсчета координат точек использовался индикатор с ценой деления 0,001 мм.

Доверительный интервал при 95% доверительной вероятности равен $\pm 0,522$ мкм. Доверительный интервал на величину объема изношенного алмазного слоя для шлифовального круга 1A1 250x76x16x5 составил $\pm 6,5$ мм³. По рассчитанному объему алмазного слоя минимальный радиальный износ алмазного слоя должен быть в среднем 5,2 мкм. Выполнены специальные исследования для определения точности измерения, доверительных интервалов для различных условий эксперимента. По результатам эксперимента построены графики.

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКИХ СВОЙСТВ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ И ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Чайка Э.В., Акимов Г.Я., Тимченко В.М. (ДонФТИ, г. Донецк, Украина)

Aspects of creation the high quality ceramic materials on the basis ZrO_2 and Al_2O_3 are considered. It is shown that there is a possibility to achieve high properties using the nanocrystalline powder and the cold isostatic pressing. Obtained results are using in the desining of ceramic elements of valves for the oil and chemical industries.

Для получения конструкционной керамики из порошков оксида алюминия $Al_2O_3 + 0,1\% MgO$ и диоксида циркония $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$ используется технология, основанная на применении холодного изостатического прессования (ХИП) с последующей механической обработкой и спеканием [1]. Дальнейшее совершенствование технологии и повышение свойств изделий связано с использованием тонкодисперсных керамических порошков [2].

При уменьшении кристаллических частиц до размеров порядка 100 нм реализуется особое состояние вещества определяемое микроструктурой нанопорошков: большой развитостью и протяженностью межзеренных границ, отличным от обычных поликристаллов количеством и распределением атомных дефектов высокой диффузионной подвижностью атомов. При этом происходит значительное изменение свойств материала. У керамических нанокристаллических материалов отмечается повышение прочностных свойств, изменение твердости, появление пластичности.

Технологические свойства нанокристаллических материалов обеспечивают повышение эффективности применяемой технологии за счет снижения температуры спекания, повышения обрабатываемости резанием неспеченных заготовок, возможности получения изделий сложной конфигурации с высокой точностью размеров за счет сверхпластичности.

Главной задачей технологических операций производства керамики является сохранение нанокристаллической структуры материала в спеченном состоянии и получение изделий с высокими физико-механическими свойствами. Она решалась путем проведения специальной предварительной подготовки порошка, выбора оптимальных режимов прессования (ХИП) и спекания заготовок.

Предварительная подготовка заключается в перегрануляции порошка с использованием специальных сред и его обжиге. Цель - образование

“мягких”, легкодеформируемых гранул, способствующих достижению высокой плотности компакта.

Использование для компактирования заготовок ХИП, в отличие от традиционных методов формообразования не позволяющих получать прессовки из нанопорошков удовлетворительного качества, является эффективным методом получения изделий с высокой плотностью и хорошей обрабатываемостью резанием. Применение при ХИП пресс-формы [3] и механической обработки компакта стало простым и экономичным способом формообразования заготовок в условиях мелкосерийного производства.

Достижимая в процессе прессования плотность сырьца в сочетании с разработанными схемами спекания позволила избежать укрупнения зерен на стадии спекания отпрессованных заготовок. Этому также способствует наличие в материалах легирующих добавок. В случае диоксида циркония добавка Y_2O_3 является составной частью материала, а в случае оксида алюминия незначительное количество ZrO_2 вносится в материал на стадии предварительной подготовки порошка, во время перегрануляции в камерах, выполненных из диоксида циркония.

Проведенные исследования позволили создать керамические материалы с высокими физико-механическими свойствами (см. табл.).

Таблица - Изменение свойств керамики при изменении размера частиц.

Свойства	Диоксид циркония	Оксид алюминия	
		$\alpha-Al_2O_3$	$\gamma-Al_2O_3$
Размер частиц порошка, нм	20-50	до 2000	10-30
Давление прессования, ГПа	0,4	0,4	0,3
Обрабатываемость резанием	хор.	не обр.	отл.
Температура спекания, °С	1500	1700	1700
Размер зерен керамики, мкм	0,5-0,7	25	2,0
Плотность, % от теор.	98	96	99
Прочность, МПа	1100	250	500
Трещиностойкость, МПа·м ^{1/2}	19,5	3,0	4,75

Эти материалы используются в работе по созданию технологии производства арматуры (проект Миннауки Украины 05.04/01074 “Разработка технологии производства коррозионно и кислотостойкой арматуры для нефтяной и газовой промышленности”), для изготовления керамических деталей арматуры.

Список литературы: 1. Г.Я. Акимов, И.Ю. Прохоров, Э.В. Чайка. Опытная технология изготовления керамических изделий. //Огнеупоры. 1996. № 6. С.25-27. 2. А.И. Гусев. Эффекты нанокристаллического состояния в компактных металлах и соединениях. //Успехи физических наук. 1998. Том 168, № 1. С.55-83. 3. А.с. 14338/4 СССР / Пресс-форма установки гидростатического прессования изделий из порошковых материалов. В.В. Сторож, Г.Я. Акимов и др. // Открытия. Изобретения. 1988. № 40.

ДВУХКАНАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД С ПЬЕЗОКОМПЕНСАТОРОМ

Чаусов А. А., Соляник В. П., Кузнецов Б. И.
(УИПА, г. Харьков, Украина)

A twochannel system with piezo compensator is used for improving control system precision of electric drive. The optimal control of such system is considered.

При обработке поршней двигателей внутреннего сгорания требуется определенная эллипсность, что позволяет повысить ресурс двигателя. Изготовить такой поршень можно на обычном станке дополнив основной электропривод подач пьезокомпенсатором, так что режущий инструмент непосредственно закреплен на пьезокомпенсаторе. При этом осуществляется кинематическое суммирование перемещений традиционного электропривода подач и пьезокомпенсатора. Взаимодействие каналов управления в такой системе могут осуществлять различными способами. Применение итерационного алгоритма позволяет наиболее полно использовать динамические характеристики отдельных каналов для получения высокой результирующей точности. Основной силовой канал обрабатывает задающее воздействие в силу своих динамических характеристик. Оставшаяся ошибка обработки задающего воздействия подается на вход второго менее мощного, но более быстродействующего канала. Применение пьезокомпенсатора позволяет получить полосу пропускания такого двухканального привода до 1000 Гц. Однако на этих частотах начинают проявляться собственные механические колебания пьезокомпенсатора как объекта управления. Для компенсации собственных механических колебаний использован оптимальный регулятор по полному вектору состояния.

Рассмотрим оптимизацию двухканальной дискретной системы управления во временной области. Предположим, что объект управления

k -го канала в пространстве состояния $\bar{X}_k(i)$ можно описать линейной дискретной системой

$$\bar{X}_k(i+1) = A_k(i)\bar{X}_k(i) + B_k(i)U_k(i);$$

$$Y_k(i) = C_k(i)\bar{X}_k(i).$$

Задающее воздействие $Q(i)$ можно представить в виде выходной переменной линейной дискретной системы формирующего фильтра ФФ

$$\bar{X}_e(i+1) = A_e(i)\bar{X}_e(i) + W_e(i);$$

$$Q(i) = C_e(i)\bar{X}_e(i),$$

возбуждаемой дискретным белым шумом $\bar{W}_e(i)$ с матрицей дисперсии $V_e(i)$.

Введем вектор $\bar{X}(i) = \{\bar{X}_1^T(i), \bar{X}_2^T(i), \bar{X}_B^T(i)\}^T$ расширенного пространства состояния системы. Тогда расширенную систему можно описать уравнением

$$\bar{X}(i+1) = A(i)\bar{X}(i) + B(i)\bar{U}(i) + \bar{W}_1(i),$$

где

$$A(i) = \begin{bmatrix} A_1(i) & & \\ & A_2(i) & \\ & & A_B(i) \end{bmatrix};$$

$$e(i) = \begin{bmatrix} B_1(i) \\ & B_2(i) \end{bmatrix}; \quad W_1(i) = \begin{bmatrix} \bar{W}_B(i) \end{bmatrix};$$

$$\bar{U}(i) = \{U_1(i), U_2(i)\}^T$$

Введем вектор ошибок $\bar{e}(i) = \{e_1(i)\}$ двухканальной системы, равный

$$\bar{e}(i) = C(i) \cdot \bar{X}(i)$$

где

$$C(i) = \begin{bmatrix} -C_1(i) & & C_B(i) \\ -C_1(i) & -C_2(i) & C_B(i) \\ -C_1(i) & -C_2(i) & -C_B(i) \end{bmatrix}$$

Тогда задачу синтеза оптимальной системы двухканального дискретного управления можно сформулировать как задачу минимизации критерия

$$J = M \left\{ \sum_{i=0}^{i=n} [\bar{Z}^T(i+1)\bar{Z}(i+1) + \bar{U}^T(i)R_2(i)\bar{U}(i)] \right\},$$

где компонентами вектора $\bar{Z}(i) = D(i)\bar{X}(i)$ являются компоненты вектора ошибок $\bar{\varepsilon}(i)$ двухканальной системы, а также некоторые компоненты $X_{i1}(i)$ переменных состояния $\bar{X}(i)$, которые необходимо ограничивать при оптимальном синтезе, $R_3(i)$ и $R_2(i)$ - весовые неотрицательно определенная и положительно определенная, обычно симметричные матрицы.

Минимум критерию J доставляет линейный регулятор

$$\bar{U}(i) = -F(i)\bar{X}(i),$$

где $F(i) = \{R_2(i) + B^T(i)[R_1(i+1) + P(i+1)]B(i)\}^{-1}B^T(i)[R_1(i+1)P(i+1)]A(i)$. Последовательность матриц $P(i)$ является решением матричного разностного уравнения

$$P(i) = A^T(i)[R_1(i+1) + P(i+1)][A(i) - B(i)F(i)]$$

с нулевым конечным условием, а $R_1(i) = D^T(i)R_3(i)D(i)$.

Необходимый для реализации оптимального регулятора вектор переменных состояния $\bar{X}(i)$ можно восстановить по сигналам $\bar{\varepsilon}(i) = \bar{\varepsilon}(i) + \bar{f}(i)$ измерителей вектора ошибки $\varepsilon(i)$ многоканальной системы, измеряемых с аддитивными помехами $\bar{f}(i)$ типа белый шум интенсивностью $V_2(i)$ оптимальным фильтром Калмана-Бьюси

$$\hat{X}(i+1) = A(i)\hat{X}(i) + B(i)\bar{U}(i) + K(i)[\bar{\varepsilon}^*(i) - C(i)\hat{X}(i)],$$

где

$$K(i) = [A(i)Q(i)C^T(i) + V_1(i)][V_2(i) + C(i)Q(i)],$$

а матрица дисперсий $Q(i)$ является решением разностного уравнения

$$Q(i+1) = [A(i) - K(i)]Q(i)A^T(i) + V_1(i) - K(i)$$

с нулевым начальным условием.

В многоканальной системе, работающей по принципу грубого и точного управления, используются каналы с различными динамическими характеристиками: первый основной силовой канал из-за своей инерционности и эффектов нелинейностей способен обрабатывать самые низкочастотные составляющие спектра задающего воздействия $Q(i)$, второй менее мощный, но более быстродействующий канал компенсирует ошибки первого грубого канала и т.д. Из-за ограничений первый канал может реализовать лишь медленные движения, хотя и большой амплитуды, а второй и последующие каналы реализуют быстрые движения, но небольшой амплитуды.

Целесообразно выполнить демонстрацию оптимального синтеза многоканальной системы в пространстве каналов, так как матрица состояния многоканальной системы - это блочно-диагональная матрица состояний каналов, входящих в систему, и возмущения. Матрица управления также является блочно-диагональной. Однако исходную задачу оптималь-

ного управления нельзя свести к сумме подзадач оптимального управления отдельными каналами, так как матрица $C(i)$, входящая в критерий качества функционирования системы, не является блочно-диагональной матрицей соответствующих компонентов $C_k(i)$, и следовательно, для решения этой задачи требуется более "тонкий" математический аппарат.

Использование такого подхода позволило получить удовлетворительные переходные процессы и обеспечить заданную точность обработки режущего инструмента.

ТЕХНОЛОГИЯ СНАБЖЕНИЯ ЭНЕРГИЕЙ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА

Чашко М.В. (ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

Transference of energy motion transport's without electrical and mechanical contact, by means of impulses magnetic stream establish condition: energy receptacle must possess stock energy in its magnetic field more than energy impulses and long time impulses must be less constant time of line.

Работа посвящена проблеме передачи энергии на движущийся объект, например, транспортное средство, без электрического или механического контакта между источником и потребителем энергии. Актуальность проблемы обусловлена имманентными свойствами автономных источников энергии и ненадежностью энергоснабжения через подвижный контакт.

Сущность технологии заключается в том, что энергия передается через воздушный промежуток между неподвижным источником и движущимся объектом посредством магнитного потока, сформированного в виде импульсов во времени и пространстве.

Система энергоснабжения включает в себя источник энергии, тяговую линию, расположенную вдоль трассы движения, и энергоприемник на транспортном средстве. Электрический ток от источника энергии проходит по тяговой линии, создавая вокруг нее магнитный поток, который индуцирует в энергоприемнике электрический ток, используемый для перемещения транспортного средства.

Цель данной работы - представить наиболее существенные условия, при которых возможно энергоснабжение.

Известно, что магнитный поток способен переносить энергию в пространстве, если он изменяется во времени. Плотность потока энергии пропорциональна величине магнитного потока и скорости изменения его во времени. Этим обусловлена разработанная технология: прерывать изме-

няющийся с промышленной частотой ток тяговой линии, создавая импульсы магнитного потока. Преимущества такой технологии следующие: 1. В импульсе скорость изменения магнитного потока максимально возможная, так что имеет место максимально возможная плотность потока энергии; 2. Прерывание тока осуществляется полупроводниковым коммутирующим элементом, работающим в режиме ключа, поэтому он может иметь минимально возможные габариты, так как энергии в нем выделяется на два порядка меньше, чем в элементе, создающем синусоиду.

Для реализации передачи энергии импульсами магнитного потока от тяговой линии к энергоприемнику необходимо: 1.определить распределение магнитного поля в пространстве, окружающем тяговую линию и энергоприемник; 2.определить распределение электрического поля во времени и пространстве при изменении магнитного поля тяговой линии в импульсе; 3.определить величины и направления потоков энергии в пространстве и во времени; 4.определить величину энергии, передаваемой энергоприемнику.

Для описанной технологии существенно, что энергоприемник энергии передается импульсами а в привод электровоза она должна передаваться непрерывно, следовательно, непрерывным условием энергоснабжения является возможность запаса энергии на электровозе, а непрерывным его элементом - элемент, обеспечивающий эту возможность. Изучены два варианта: энергия запасается в колебательном контуре и энергия запасается в магнитном поле энергоприемника. В первом варианте обмотка энергоприемника подключена к конденсатору и образует с ней колебательный контур, в котором циркулирует ток с частотой, равной собственной частоте колебаний контура. Импульсы магнитного потока тяговой линии индуцируют ток в обмотке энергоприемника, который подзаряжает конденсатор. Привод электровоза отбирает энергию от колебательного контура в необходимом количестве.

Во втором варианте обмотка энергоприемника замкнута накоротко коммутирующим элементом (например, силовым транзистором) и в ней проходит постоянный электрический ток. Энергия запасена в магнитном потоке, который образован этим током в обмотке энергоприемника (или в какой либо другой, специальной обмотке). Привод электровоза отбирает энергию в виде части этого тока, это возможно при размыкании или увеличении сопротивления коммутирующего элемента (силового транзистора). Импульсы магнитного потока тяговой линии индуцируют ток в обмотке энергоприемника, возобновляя запас энергии.

Решением уравнений электромагнитного поля определены потоки энергии в тяговой линии, энергоприемнике и между ними (рисунок) и установлены условия эффективной передачи энергии.

Установлено, что предпочтителен вариант запаса энергии в магнитном поле, так как тот же запас энергии может быть сделан в меньших габаритах и при этом отсутствует излучение энергии энергоприемником в окружающее пространство.

Передача энергии от тяговой линии в энергоприемник импульсами магнитного потока возможна при следующих условиях: энергоприемник должен иметь собственный запас энергии, на порядок больший, чем энергия импульса; импульс должен иметь длительность не большую половины периода колебаний контура, в котором запасена энергия энергоприемника; импульс должен иметь период повторения, кратный периоду колебаний этого контура.

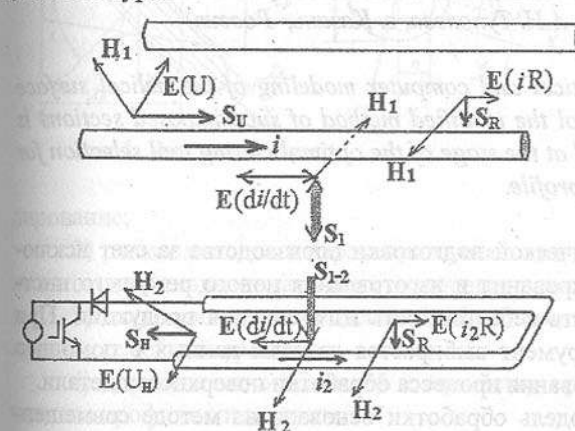


Рис. Потоки энергии при передаче ее магнитным потоком через воздушный промежуток от тяговой линии в энергоприемник. S - плотности потоков мощности, E , H - напряженности электрических и магнитных полей.

Способ, которым запасена энергия энергоприемника (в магнитном поле или колебательном контуре), обуславливает существенное различие потоков энергии в пространстве, окружающем энергоприемник: при запасании энергии в магнитном поле потоки энергии локализованы и направлены только к энергоприемнику;

при запасании энергии в колебательном контуре кроме потока энергии, направленного к энергоприемнику, существует поток энергии, пульсирующий около энергоприемника с частотой, вдвое большей частоты колебаний контура, так что четверть периода он направлен к энергоприемнику, четверть периода - от него.

Основное преимущество передачи энергии импульсами перед передачей синусоидальным магнитным потоком заключается в том, что при

передаче энергии импульсами во времени возможно создать импульсы магнитного потока в пространстве, уменьшив тем самым потери энергии в несколько раз.

Основной особенностью передачи энергии импульсами магнитного потока является отсутствие излучения энергии энергоприемником с запасанием энергии в магнитном поле. Эта особенность открывает принципиальную возможность создания взрывозащищенного энергоприемника для угольных шахт, что в принципе невозможно при других системах индукционного электропитания.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ СЛОЖНОЙ ВИНТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Чемборисов Н.А., Абызов А.П., Петров С.М.

(КГТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань, Россия)

In the described mathematical and computer modeling of the helical surface processing with a disk tool the modified method of superimposed sections is used. The modeling is used at the stage of the optimal cutting tool selection for the definition of the part's profile.

На этапе технологической подготовки производства за счет исключения процессов проектирования и изготовления нового режущего инструмента можно уменьшить себестоимость изготовления продукции. При этом необходимый инструмент выбирается из базы данных с помощью компьютерного моделирования процесса обработки поверхности детали.

Математическая модель обработки основана на методе совмещенных сечений и представляет собой систему уравнений, позволяющих осуществлять преобразование координат точек поверхности дискового режущего инструмента в координаты точек поверхности винтовой канавки [1]. При этом используются три декартовы системы координат (рис.1).

Система координат инструмента $X_u Y_u Z_u$ связана с подвижной системой координат $X_p Y_p Z_p$, совершающей винтовое движение относительно неподвижной системы координат заготовки XYZ . В процессе винтового движения инструмент проходит сквозь плоскость сечения Z_s , в котором определяется профиль детали.

Отличие от базового метода заключается в том, что получаемые плоскости сечений в системе координат инструмента не параллельны друг другу и оси инструмента. Отсутствует также винтовое проецирование семейства профилей, образованных в указанных сечениях, т. к. координаты

точек кривых сразу рассчитываются в сечении, в котором определяется профиль винтовой поверхности.

С помощью данной модели можно определить профиль любой винтовой поверхности, следует лишь задать закон изменения параметров, описывающих положение инструмента относительно заготовки в процессе

обработки. Относительная простота вычислений и графического построения позволяет использовать математическую модель в компьютерном моделировании.

Компьютерное моделирование процесса обработки выполняется в несколько этапов:

1) математическое описание профиля режущего инструмента и его компьютерное моделирование;

2) расчет исходных параметров установки инструмента относительно заготовки и задание закона их изменения в процессе обработки;

3) моделирование процесса обработки винтовой поверхности и получение семейства кривых;

4) определение огибающей к семейству кривых и сравнение полученного профиля с исходным.

Исходные данные для компьютерного моделирования формируются из параметров технологического процесса обработки, чертежей детали и обрабатывающего инструмента. Выходными данными являются профиль винтовой поверхности, получаемый после обработки, оптимальные параметры установки инструмента относительно заготовки и толщина срезаемого слоя.

Например, в процессе обработки конических винтовых поверхностей изменяется межосевое расстояние, угол наклона канавки или винтовой параметр. В компьютерной модели коническая деталь рассматривается как набор дисков определенных диаметров и бесконечно малой толщины [2]. Винтовое движение задается через изменение расстояния, пройденного подвижной системой координат вдоль оси детали. По ходу движения определяется текущее значение диаметра заготовки d_i , через который рас-

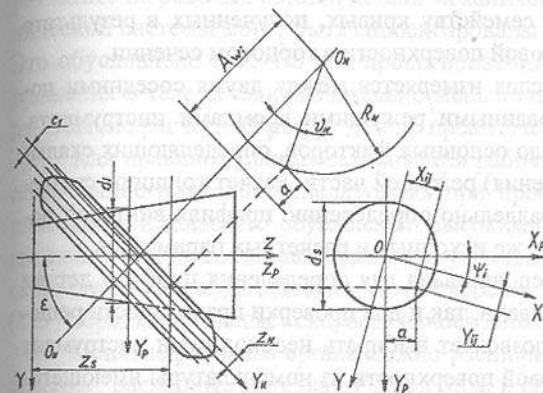


Рис.1. Расчетная схема.

передаче энергии импульсами во времени возможно создать импульсы магнитного потока в пространстве, уменьшив тем самым потери энергии в несколько раз.

Основной особенностью передачи энергии импульсами магнитного потока является отсутствие излучения энергии энергоприемником с запасанием энергии в магнитном поле. Эта особенность открывает принципиальную возможность создания взрывозащищенного энергоприемника для угольных шахт, что в принципе невозможно при других системах индукционного электропитания.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ СЛОЖНОЙ ВИНТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Чемборисов Н.А., Абызов А.П., Петров С.М.

(КГТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань, Россия)

In the described mathematical and computer modeling of the helical surface processing with a disk tool the modified method of superimposed sections is used. The modeling is used at the stage of the optimal cutting tool selection for the definition of the part's profile.

На этапе технологической подготовки производства за счет исключения процессов проектирования и изготовления нового режущего инструмента можно уменьшить себестоимость изготовления продукции. При этом необходимый инструмент выбирается из базы данных с помощью компьютерного моделирования процесса обработки поверхности детали.

Математическая модель обработки основана на методе совмещенных сечений и представляет собой систему уравнений, позволяющих осуществлять преобразование координат точек поверхности дискового режущего инструмента в координаты точек поверхности винтовой канавки [1]. При этом используются три декартовы системы координат (рис.1).

Система координат инструмента $X_u Y_u Z_u$ связана с подвижной системой координат $X_p Y_p Z_p$, совершающей винтовое движение относительно неподвижной системы координат заготовки XYZ . В процессе винтового движения инструмент проходит сквозь плоскость сечения Z_s , в котором определяется профиль детали.

Отличие от базового метода заключается в том, что получаемые плоскости сечений в системе координат инструмента не параллельны друг другу и оси инструмента. Отсутствует также винтовое проецирование семейства профилей, образованных в указанных сечениях, т. к. координаты

точек кривых сразу рассчитываются в сечении, в котором определяется профиль винтовой поверхности.

С помощью данной модели можно определить профиль любой винтовой поверхности, следует лишь задать закон изменения параметров, описывающих положение инструмента относительно заготовки в процессе

обработки. Относительная простота вычислений и графического построения позволяет использовать математическую модель в компьютерном моделировании.

Компьютерное моделирование процесса обработки выполняется в несколько этапов:

1) математическое описание профиля режущего инструмента и его компьютерное моделирование;

2) расчет исходных параметров установки инструмента относительно заготовки и задание закона их изменения в процессе обработки;

3) моделирование процесса обработки винтовой поверхности и получение семейства кривых;

4) определение огибающей к семейству кривых и сравнение полученного профиля с исходным.

Исходные данные для компьютерного моделирования формируются из параметров технологического процесса обработки, чертежей детали и обрабатывающего инструмента. Выходными данными являются профиль винтовой поверхности, получаемый после обработки, оптимальные параметры установки инструмента относительно заготовки и толщина срезаемого слоя.

Например, в процессе обработки конических винтовых поверхностей изменяется межосевое расстояние, угол наклона канавки или винтовой параметр. В компьютерной модели коническая деталь рассматривается как набор дисков определенных диаметров и бесконечно малой толщины [2]. Винтовое движение задается через изменение расстояния, пройденного подвижной системой координат вдоль оси детали. По ходу движения определяется текущее значение диаметра заготовки d_i , через который рас-

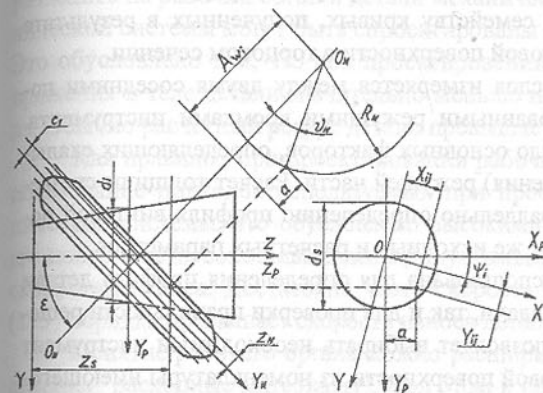


Рис.1. Расчетная схема.

считывается межосевое расстояние. Если угол наклона винтовой канавки постоянен, то находится значение винтового параметра, соответствующего текущему значению диаметра. В случае $P = const$ находится значение угла наклона канавки, через который рассчитывается межосевой угол. Затем определяется угол поворота подвижной системы координат при винтовом движении, и находятся координаты точек профиля инструмента в заданном сечении. Огибающая к семейству кривых, полученных в результате расчетов, даст профиль винтовой поверхности в торцовом сечении.

Величина срезаемого слоя измеряется между двумя соседними поверхностям резания, образованными режущими кромками инструмента. Толщина среза входит в число основных факторов, определяющих скалывание (вид хрупкого разрушения) режущей части. Расчет толщины срезаемого слоя производится параллельно определению профиля винтовой поверхности с применением тех же исходных и расчетных параметров.

Модель может быть использована для определения профиля детали как при решении обратной задачи, так и для проверки правильности решения прямой задачи. Также позволяет выбирать необходимый инструмент для обработки данной винтовой поверхности из номенклатуры имеющегося на складе предприятия, и оптимизировать параметры установки инструмента относительно заготовки.

Список литературы: 1. Юнусов Ф.С., Чемборисов Н.А., Петров С.М., Компьютерная модель процесса обработки винтовой поверхности детали дисковым инструментом. Казань: Вестник КГТУ им. Туполева, № 4, 1996. 2. Чемборисов Н.А. Особенности профилирования дискового инструмента для обработки деталей с коническими винтовыми поверхностями. Механика машиностроения: Тезисы докладов Международной научно-технической конференции. Набережные Челны: Изд-во Камского политехнического института, 1995.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕРЕЧНЯ БЫСТРО ИЗНАШИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ (РАСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ)

Ченцов Н.А. (ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

В соответствии с требованиями налогового управления Украины на текущие ремонты оборудования выделяется (5..9)% от его остаточной стоимости. В отдельную статью выделяются затраты на расходные материалы используемые для поддержания оборудования в работоспособном

состоянии. При этом затраты на расходные материалы налоговой инспекцией не ограничиваются. В настоящее время отсутствует формализованный подход к формированию перечня и объемов расходных материалов.

Если рассматривать любой механизм, непосредственно участвующий в реализации технологического процесса, то его элементы можно разделить на рабочий орган и детали механической системы. Детали механической системы могут быть спроектированы на любой заданный ресурс. Это обусловлено тем, что при проектировании принимаются рабочие напряжения в теле детали значительно меньше предела прочности материала. Обычно расчетный ресурс детали превышает 3 года.

Как правило, при проектировании рабочего органа не возможно использование подходов используемых при проектировании деталей механической системы. Это обусловлено высокими удельными нагрузками на его поверхность, сопоставимыми с допустимыми, что приводит к высоким скоростям износа. Достаточно часто скорость износа рабочего органа на (1..3) порядка превышает скорость износа деталей механической системы.

Понятие рабочего органа можно расширить до используемого определения "расходные материалы". При этом к расходным материалам можно отнести элементы машин и агрегатов имеющих очень высокую скорость износа, как правило вследствие непосредственного контакта с материалом преобразуемым в технологическом процессе.

В зависимости от вида технологического процесса к расходным материалам можно отнести: ножи в ножницах, реборды колес мостовых кранов и т.д. - вследствие высоких контактных напряжений и абразивного износа поверхности; изложницы, центровые - вследствие высоких температурных напряжений; прочие элементы оборудования.

Обоснование перечня расходных материалов можно разделить на два этапа. Первый этап предполагает формирование списка кандидатов в перечень расходных материалов. возможны три подхода к выбору кандидатов в этот перечень: на базе нормативных документов; исходя из конструкции машины, агрегата; по оценкам экспертов.

На втором этапе оценивается значение ресурса кандидата в перечень. Для обоснования значения ресурса могут быть использованы следующие подходы: на базе нормативных документов; из традиционных прочностных расчетов; из анализа результатов статистических наблюдений.

ВЫВОДЫ. Реализация предложенного подхода обеспечит обоснованное формирование перечня и объемов расходных материалов.

МЕТОДИКА ИОННО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Чернета О. Г. Бухбиндер Й. А. (ДГТУ, г. Днепропетровск, Украина)
Внуков Ю.Н. (ЗГТУ, г. Запорожье, Украина)

It was used for discovery and choosing the methods by ion-plasma spraying and antiwear coating formation surface based on TiN, ZrN for piston rings of internal combustion engines.

С увеличением мощности и скоростных характеристик двигателей внутреннего сгорания (ДВС) в современном машиностроении наблюдается острая потребность в повышении надежности цилиндро-поршневой группы (ЦПГ) и в частности поршневых колец (ПК) поверхность которых в отечественном автомобилестроении традиционно обрабатывалась при помощи электролитического хромирования. Успех ряда зарубежных автомобильных фирм: "Riken", "Тетце", "Косталино", которым удалось повысить ресурс ДВС до 1 млн.км пробега за счет применения новых материалов и многослойных, комбинированных, износостойких покрытий.

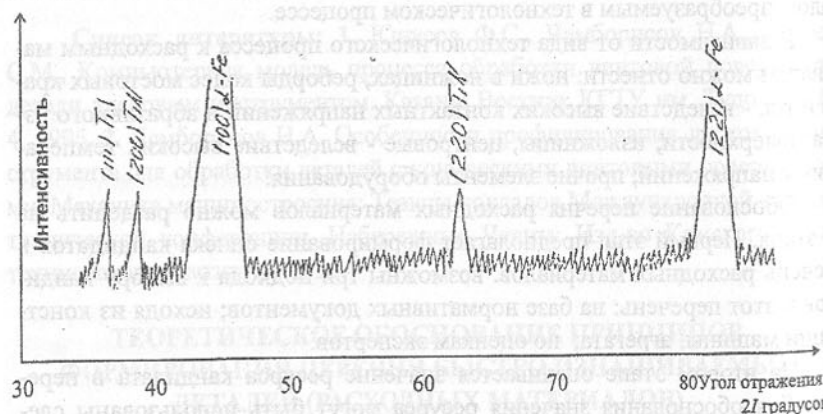


Рис. 1. Рентгенодифракционные картинки отражения покрытий TiN.

Износостойкие пленки нитрида титана TiN и нитрида циркония ZrN наносим на установке "Булат - 3У", производства опытного института "Укростанкопром", оборудованного тремя электродуговыми испарителями без магнитной фокусировки плазменного потока. Рентгено - структурный фазовый анализ покрытий, осаждаемых при различном соотношении тех-

нологических режимов процесса проводились на дифрактометре ХЦД 4/А. Микротвердость тонких поверхностных слоев тугоплавких соединений, наносимых на стальную основу ПК из стали 50ХФА с ферритно-карбидной структурой измерялась с помощью микротвердомера.

Металлографические исследования по оценке прочностных характеристик до и после испытаний выполняли на микроскопе "Неорфот-2" фирмы "Карл Цейс". Для достижения поставленной цели, получения прочной износостойкой пленки TiN, ZrN, были разработаны новые методы и оборудования, позволяющие оценивать основные эксплуатационные свойства; прочностные характеристики защитных пленок, прочность сцеплений с подложкой. После каждого технологического процесса нанесения на ПК защитных пленок осуществляем контроль натекания атмосферных газов в вакуумную камеру. Средняя температура в вакуумной камере составляла 450-470°C. Понижение температуры до 400°C приводило к невысокой адгезии осаждаемых пленок, а повышение температуры выше 500°C приводило к падению твердости стальной основы образца ПК и соответственно к потере эксплуатационных свойств. В качестве катодных материалов использовали металлы: титан ВТ-00 и цирконий КТЦ-110, химический состав которых приведен в таблице 1.

Диаметр катодных материалов равен 64 мм, высота рабочей части - 30 мм. Для получения защитных пленок из TiN и ZrN применяем соответствующий реактивный газ - особо чистый азот ГОСТ 9293. Для удаления влаги перед подачей в вакуумную камеру азот пропускали через специально изготовленную емкость, заполненную отожженным силикогелем. Силой тока горения дуги Id и давлением реакционного газа (азота) P изменяем соотношение металлической и газовой составляющей при осаждении в вакуумной камере. Расшифровку диаграмм производили путем сравнения относительных интенсивностей и экспериментальных значений межплоскостных расстояний с данными из картотеки АЗТН.

Таблица 1 - Химический состав катодных материалов для установки "Булат-3У".

Марка, ГОСТ, ТУ	C	H	Fe	Al	Si	Ca	O ₂	H ₂
Титан ВТ-00 ГОСТ 90013-71	0,05	0,021	0,021	--	0,081	--	0,11	0,008
Цирконий КТЦ-110 ТУ 9546-78	0,001	0,002	0,04	0,002	0,006	0,005	0,09	--

Результаты идентификационных фаз представлены в таблице 2.

На дифракционных отражениях с покрытием TiN рисунок 1 наряду с интенсивными отражениями матричного материала ($\alpha-Fe$) присутствуют три интерференционные линии с межплоскостными расстояниями $d_{hkl}=2,460; 2,13; 1,498\text{Å}$, которые удовлетворяют и согласуются со справочными данными для TiN , имеющего ГЦК (типа $NaCl$) решетку с периодом решетки $a=4,224\text{Å}$ (1). Аналогичную картину наблюдаем и с покрытием ZrN , в котором также наряду с интенсивными отражениями матричного материала ($\alpha-Fe$) присутствует четыре интерференционные линии с межплоскостными расстояниями $d_{hkl}=2,667; 2,281; 1,375; 1,328\text{Å}$ рисунок 2. Покрытие ZrN имеет ГЦК (типа $NaCl$) решетку с периодом $a=4,5745\text{Å}$ (2).

Таблица 2 - Технологические режимы осаждения и фазовый состав покрытий.

Номер образца	Металл покрытия	Режим осаждения			Фазовый состав покрытия
		Ид, А	Уп, В	Р, Па	
11	Титан	100	200	0,66	TiN
12	Цирконий	120	250	0,66	ZrN

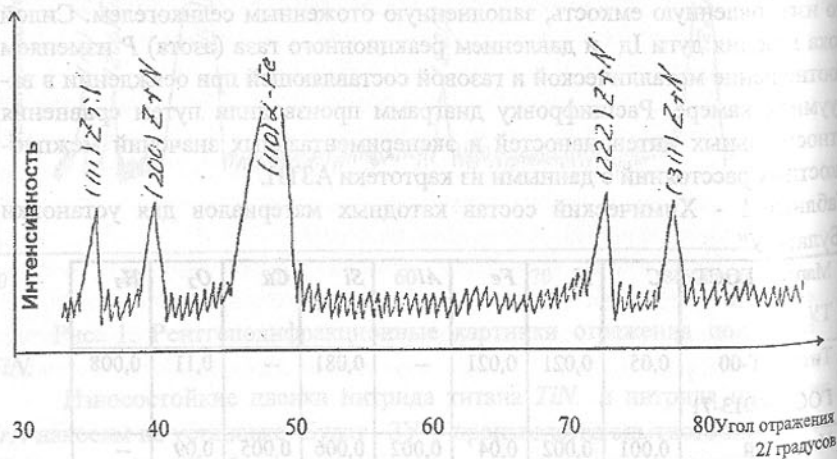


Рис. 2. Рентгенодифракционные картинки отражения покрытий ZrN .

На основании проведенных исследований микротвердость $H\mu$ защитных нитридных пленок соответствует: TiN - 217,5 кПа; ZrN - 184,9 кПа. Учитывая высокие прочностные коррозионностойкие и термостойкие свойства защитных пленок из TiN , ZrN можно сделать вывод, о целесообразности применения этих покрытий для ПК, что и подтверждается практическими эксплуатационными испытаниями.

Список литературы: 1. Шапк Ф. Структура двухсплавных металлов. Москва; Металлургия, 1973. 2. Эллион Р.П. Структура двухсплавных металлов. Москва; Металлургия, 1970.

АНИЗОТРОПНАЯ МОДЕЛЬ СВЕРХСЖИМАЕМОГО МАТЕРИАЛА

Черноус Д.А. (БелГУТ, г. Гомель, Беларусь)

For evaluation of mechanical properties of porous materials two-dimensional rod model is proposed. The dependence of Poisson's ratio of model from a corner of loading and meaning of deformation is determined. Is established, that the researched model demonstrates the phenomena supercondition and bimodules.

При исследовании деформирования материалов различной природы (кристаллов, полимеров, биотканей) в ряде случаев обнаруживаются такие

особенности упругого поведения, как триггерная упругость, бимодульность, сверхсжимаемость и т.д. Это дает основание характеризовать такие материалы как аномально упругие. Сверхсжимаемостью называют аномалию упругости, при которой коэффициент Пуассона принимает отрицательные значения. При одноосном на-

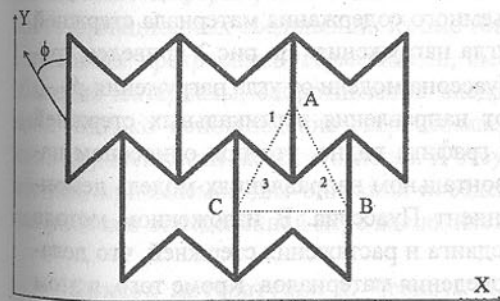


Рис. 1. Двумерная модель пористого материала.

гружении образца материала с $\nu < 0$ имеет место уменьшение поперечного сечения при сжатии и его увеличение при растяжении. Рассмотрим двумерную стержневую модель, изображенную на рис. 1.

Данная структура может служить для моделирования упругого поведения анизотропного закрыто пористого пеноматериала с ячейками вогну-

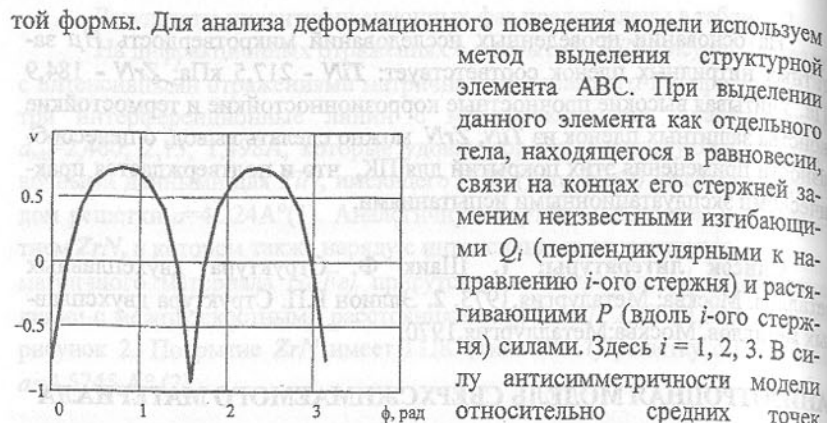


Рис. 2. Зависимость коэффициента Пуассона от угла нагружения.

в трех состояниях однородной одноосной деформации ($\epsilon_{xx} \neq 0$, $\epsilon_{yy} \neq 0$, $\epsilon_{zz} = 0$). Для каждого из этих состояний определим силы P и Q в зависимости от значения деформации. Эти силы определяют компоненты тензора напряжений для элемента. Таким образом, можно связать компоненты напряжения с компонентами деформации, а значит, и определить упругие характеристики элемента, которые соответствуют характеристике всей модели. Приведенный метод (подробнее см. [1]) позволяет установить зависимость коэффициента Пуассона, модуля Юнга и модуля сдвига модели от характеристик материала стержней, объемного содержания материала стержней в модели, параметров модели и угла нагружения. На рис. 2 приведен график зависимости коэффициента Пуассона модели от угла нагружения ϕ .

Этот угол отсчитывается от направления вертикальных стержней против хода часовой стрелки. Из графика видно, что при одноосном напряжении в вертикальном и горизонтальном направлениях модель демонстрирует отрицательный коэффициент Пуассона. В изложенном методе учитывается деформация изгиба, сдвига и растяжения стержней, что делает его пригодным для описания поведения материалов. Кроме того, в этом методе может быть учтена геометрическая нелинейность упругого деформирования модели. Этот учет проводится на стадии связи задаваемых значений однородных конечных деформаций с относительными смещениями точек элемента, которые и характеризуют искомые силы P и Q [2]. Учет нелинейности упругого поведения показал, что исследуемая модель, наряду со сверхсжимаемостью, обладает свойством бимодальности, т. е. при достаточно больших уровнях деформации наблюдается зависимость упру-

гих характеристик модели от значения деформации (рис. 3) и ее направления. Из рис. 3 можно сделать вывод о том, что при нагружении в вертикальном направлении коэффициент Пуассона при сжатии меньше, чем при растяжении. Простейшим объяснением явления бимодальности может служить тот факт, что при деформировании пористых материалов происходит изменение формы ячеек, что приводит к изменению упругих характеристик материала.

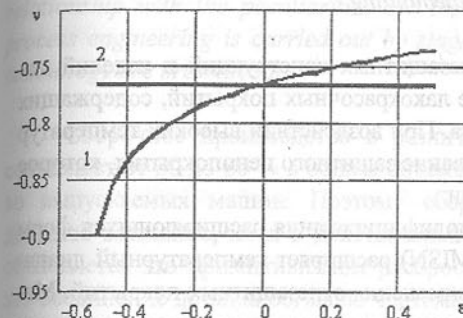


Рис. 3. Зависимость коэффициента Пуассона модели от значения деформации. Кривая 1 — при учете геометрической нелинейности; 2 — для линейно упругого поведения модели.

стесненного деформирования исключительно высокую несущую способность фрикционных соединений. Кроме того, изотропные материалы с $\nu \approx 1$ являются прекрасными герметиками, имеют существенно большее, чем обычные материалы, сопротивление внедрению и распространению трещин. Однако использование сверхсжимаемых материалов сдерживается из-за трудоемкости их изготовления и отсутствия точной математической модели, приемлемой для описания поведения реального материала. Данная работа в определенной мере восполняет этот пробел.

Список литературы: 1. Черноус Д.А., Ефремова З.Г., Плещачевский Ю.М., Шилько С.В. Двумерная анизотропная модель пористого материала // Материалы, технологии, инструменты. — 1997. — № 3. — С. 5–10. 2. Черноус Д.А., Плещачевский Ю.М., Шилько С.В. Двумерная анизотропная модель пористого материала при конечных деформациях // Материалы, технологии, инструменты. — 1998. — № 1, 98–101.

НОВОЕ В ТЕХНОЛОГИИ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ И ШУМОПОГЛОЩАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Черныш И.Г. (ЖИТИ, г. Житомир, Украина)

Fire fighting coats and noise absorbing materials with using modified expanding graphite are suggested for machinebuilding.

Прогрессивным методом огнезащитных конструкций и изделий машиностроения является нанесение лакокрасочных покрытий, содержащих в своем составе бисульфат графита. При воздействии высоких температур происходит вспучивание и образование защитного пенопокрытия, которое обладает огнегасящими свойствами.

Применение нового метода модифицирования расширяющихся форм графита *in statu nascendi* (метод MISN) расширяет температурный диапазон и повышает эффективность применения огнезащитных покрытий. Метод MISN обеспечивает модифицирование расширенного графита как на поверхности, так и в объеме, что значительно повышает огнестойкость покрытий. Применение в качестве модификаторов тугоплавных соединений (нитридов бора и кремния, оксидов алюминия и магния) позволяет не только повысить температуру огнестойкости образовавшегося пенопокрытия, но и увеличить продолжительность воздействий температур.

Предложены варианты как по составу покрытий, так и по структуре, включая использование многослойных покрытий.

Структурные особенности частиц терморасширенного графита (ТРГ) обеспечивает не только теплозащитные, но и шумозащитные свойства.

Измеренная скорость упругих продольных волн на частоте 1 МГц составляет $2,3 \times 10^3$ м. с⁻¹ и $2,4 \times 10^3$ м. с⁻¹ для образцов ТРГ, полученных при термообработке дисульфата графита при 400 и 800°C соответственно, что значительно меньше, чем в монокристаллическом графите (2×10^4 м. с⁻¹). Разработка технологии получения изотропных материалов на основе терморасширенного графита позволяет получать более эффективные шумопоглощающие материалы. Кроме того, предложенный метод получения позволяет получать композиционные материалы различного состава и структуры с регулируемым диапазоном шумопоглощения.

ПРАКТИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ СБОРОЧНЫХ МОДУЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Шабайкович В. А. (Технический университет, г. Жешув, Польша)

The paper describes singularity and structure of assembly modular technology. A high technology effective of modular technology is possible to achieve in relationship with the peculiarities of the principle of typical and group process engineering is carried out by stages. Examples of assembly modular technology are presented too.

Сборочное производство в различных отраслях промышленности составляет от 20 до 80 % в общем объеме и полностью определяет качество выпускаемых машин. Поэтому сборочным технологиям уделяется должное внимание, хотя в действительности это не всегда так. Отчасти объясняется это примитивизмом распространенной точки зрения: сборка это соединение деталей согласно чертежа, каждый может это выполнить и поэтому исследовать там нечего. Фактически сборка такими „специалистами” сводится к ключу, отвертке, молотку и зубилу. А ведь в сборке занята большая часть производственных рабочих и ей присущи большие временные и денежные затраты, что предопределяет огромный неиспользованный производственный резерв.

По сравнению с традиционными модульная сборочная технология имеет существенные преимущества и базируется она на представлении сборочного процесса совокупностью технологических модулей (ТМ). Можно считать, что эта технология является дальнейшим развитием типовой и групповой. Исследования показали, что номенклатура ТМ ограничивается небольшим их числом. ТМ представляет собой некоторый элементарный технологический сборочный блок с изменяющимися границами как законченную совокупность основных и вспомогательных сборочных движений, действий, выполняемых в заданной последовательности на отдельных этапах сборочной операции и характеризующийся постоянством используемых сборочных инструментов и соединяемых поверхностей. ТМ должен отвечать законченной операции или ее части, иметь оптимальное сборочное наполнение, позволяющее хорошо стыковаться в некотором объеме технологии с другими модулями и в тоже время быть универсальным и автономным. ТМ можно записать как

$$TM_i = \bigwedge_{i=1}^m d_{o_i} \left(\bigwedge_{j=1}^n d_{b_j} \right) \quad (1)$$

где d_o, d_b - основные и вспомогательные сборочные движения, действия; m, n - их количество. Можно выделить девять основных разновидностей таких модулей: загрузки, подачи, установки, пространственного и взаимного ориентирования, сопряжения, закрепления, контроля, диагностики и управления. Разработана классификация ТМ по различным иерархическим уровням матричного типа, позволяющая получить желаемую степень детализации, полностью пригодная для компьютерного использования. Так, к примеру, матрица закрепляющих ТМ предусматривает описание разновидности модулей свинчивания, деформирования (прессования, вальцевания, гибки, склепывания), термонагрева или охлаждения, сваривания, склеивания, наполнения массой, комбинированные. ТМ могут быть как однофункциональными, так и с совмещенными функциями, например, подающие - ориентирующие, сопрягающие - закрепляющие и т. п. Классификация предусматривает также использование таких критериев как способ реализации, адаптивность, точность, производительность, совмещенность исполнения и т. п.

Как следует из классификации каждый ТМ обладает набором определенных технологических возможностей, что совершенно не означает, что все они будут использованы в конкретной сборочной технологии. Еще одним существенным отличием модульной технологии является то, что ТМ должен отвечать конструкционный модуль (КМ), и в конкретных случаях сборки подлежат использованию только некоторые возможности таких модулей. Это дает возможность свести технологическое проектирование к набору необходимых модулей, как конструкционных, так и технологических, что позволяет свести к минимуму разнообразие технологических средств, значительно сократить сам процесс технической подготовки.

Несколько ТМ образуют модульный комплект, которые в свою очередь создают комплексы

$$ТКК = \bigwedge_{i=1}^a TK_i \left(\bigwedge_{j=1}^b TM_j \left(\bigwedge_{k=1}^m d_{ok} \left(\bigwedge_{l=1}^n d_{bl} \right) \right) \right) \quad (2)$$

где ТКК - технологический комплекс; ТК - технологический комплект; a, b - их количество. В модульной технологии возникает ряд взаимосвязанных задач по формированию оптимальной структуры ТМ, ТК и ТКК. Это можно решить с использованием многоцелевого оптимального моделирования, где подлежат определению распределительные функции, стратегии, режимы операции с точки зрения минимизации критерия эффективности [1].

Поскольку основной особенностью модульной сборочной технологии является то, что каждому ТМ отвечает КМ, для которых также будет справедливо уравнение (2), но вместо ТМ следует подставить КМ. Формирование модульной технологии состоит из ряда этапов:

- предварительное формирование структуры ТМ, которые приблизительно отвечают сборочной позиции или ее части, т. е. функциональное объединение ряда основных и вспомогательных сборочных движений и действий, образующих технологическое целое, обладающих универсальностью, автономностью и стыкуемостью с другими модулями;

формирование отвечающих им КМ, обладающих помимо указанных свойств точностью, надежностью, производительностью и экономической эффективностью;

- корректирование структур ТМ и КМ;

- образование технологических и конструкционных модульных комплектов и комплексов, т. е. самой модульной сборочной технологии и оборудования с оснащением;

Эти этапы в основном выполняются по правилам групповых технологических процессов, т. к. необходимо обеспечить применимость модульной технологии для некоторого диапазона подобных типоразмеров деталей. Однако, существуют и специальные правила, характерные только для модульной технологии.

Классификация ТМ и КМ выполнена по элементам сборочной операции с использованием матричного метода, т. е. она построена по иерархическим уровням детализации с применением фактически объемных матриц. Девять указанных разновидностей модулей дифференцируется по типам, которые в свою очередь - по группам и т. д., т. е. имеется возможность дальнейшего развития в направлении как их детализации, так и создания принципиально новых единиц по сколь угодно большому числу классификационных критериев. Поскольку запись классификации матричная, то полностью пригодны математические методы их обработки.

В качестве примера можно привести использование модульной технологии при автоматической сборке автомобильных свечей зажигания (рис.). Технологический модульный процесс включает пять ТМ и отвечающих им КМ.

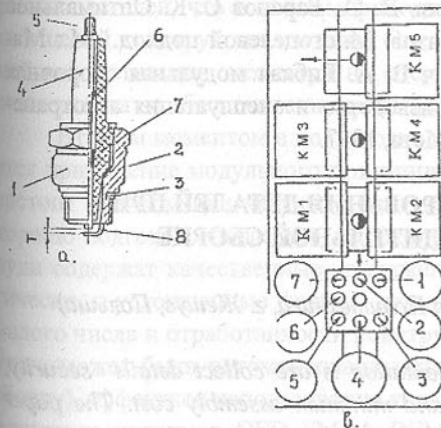


Рис. Конструкция автомобильной свечи зажигания (а) и компоновка модульного сборочного автомата (б).

Первый ТМ 1 описывает установку шайбы 2 в корпусе 1, ТМ 2 - установку двух шайб 6 и 7 на электроде 5 и монтирование их в сердечник 4, ТМ 3 - низкотемпературную термоосадку, т. е. разогрев ТВЧ до температуры 380 - 400 С. ТМ 4 включает опрессовку корпуса 1 на сердечнике 4 с образованием герметического соединения. Последний ТМ 5 предусматривает установку и осаживание на корпусе 1 кольца 3 и формирование бокового электрода с получением заданного зазора. Компоновка КМ также видна на рисунке: вначале выполняется автоматическая загрузка деталей свечи из БЗУ на паллету, которая имеет шаговое перемещение между позициями. С целью повышения качества сборки каждый КМ снабжен датчиками контроля и диагностической системой. Все модули являются типовыми и могут обеспечивать паллетную сборку любых типоразмеров таких свечей зажигания. При изменении типа свечи можно скорректировать модульную технологию и смонтировать на переналаживаемом автомате другие необходимые КМ.

Перспективы новой технологии вытекают с представления сборочного процесса компоновкой типовых ТМ и КМ, что существенно сокращает технологическую подготовку производства, исключает при этом дублирование работ, внедряет поточную организацию сборки в мелкосерийном производстве, придает процессу гибкость, сводит к минимуму разнообразие технологических средств, обеспечивает многократное их использование в условиях сборки разнотипных объектов.

Список литературы: 1. Брусов В. С., Баранов С. К. Оптимальное проектирование летательных аппаратов. Многоцелевой подход. -М.: Машиностроение, 1989. 2. Шабайкович В. А. Гибкая модульная сборочная технология. / Проектирование, производство и эксплуатация автотранспортных средств и поездов. Львов, Мета, 1997.

ПРОБЛЕМЫ ОРИЕНТИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ СБОРКЕ

Шабайкович В. А. (Жешувская Политехника, г. Жешув, Польша)

The basic problems of automatic orientation is are collect details security, process reliability and proactivity and minimum assembly cost. The paper describes that problems and trends of their solution.

Крупносерийное производство требует осуществления высокопроизводительной сборки стабильно выпускаемых изделий большими серия-

ми и поэтому основными проблемами автоматического ориентирования деталей, предопределяющего все показатели сборочного процесса, является обеспечение:

- автоматической собираемости деталей и узлов;
- надежности и высокой производительности;
- минимальности затрат.

Все эти проблемы тесно взаимосвязаны между собой, т. к. низкая собираемость лежит в основе ненадежности сборки и малой производительности процесса, чему всегда сопутствуют высокие затраты.

В основе возможного решения этих проблем лежат конструкционные, технологические и организационные мероприятия. Конструкция собираемых изделий чаще всего не ориентирована на крупносерийную сборку, что вызывает известные затруднения, которые должны быть устранены на этапе отработки конструкции изделия на технологичность сборки. Такая отработка путем корректирования формы деталей или ее изменения должна обеспечивать автоматическую подаваемость, ориентируемость, устанавливаемость, сопрягаемость, закрепляемость и контролируемость, т. е. полученная конструкция изделия должна полностью отвечать серийности сборки, а не просто возможности ручной малопроизводительной сборки. Поскольку все детали изделия этому качеству отвечать не будут, то их следует расчленить на две группы: собираемые автоматические и ручную, т. е. закладывать позиции ручной сборки. Важным является также требование обеспечения, а иногда и ужесточения заданной точности собираемых деталей, что в общем приводит к пересмотру сборочных размерных цепей конструкции изделия. Следует отметить, что попытки сплошной автоматизации, несмотря на отсутствие надежного ориентирования, еще никогда не обеспечивали приемлемого решения.

Вторым моментом в подготовке конструкции изделия к сборке является применение модульного принципа, при реализации которого изделие состоит целиком или частично из отдельных конструктивных модулей, хорошо подготовленных для высокопроизводительной сборки. Такие модули содержат качественные сопряжения деталей, проверенные технологически, и усложненные формы деталей, упрощающие сборку за счет их малого числа и отработанности конструкции. Для частичного обеспечения этого может быть рекомендована методология DFA (проектирование на сборку), эффективное использование которой достигается только совместно с другими, например, QFD, FMEA, DFM и т. д.

Автоматическая собираемость деталей - это главнейший их признак технологической готовности, который обеспечивается как конструкцией, так технологией и организацией. Со стороны конструкции

- это соответствующая форма базирующих и сопрягаемых поверхностей, ориентирующих элементов, физико - механических свойств, а технологии - используемый способ, ориентирующее устройство и режимы ориентирования. Поэтому основой собираемости являются ориентирующие признаки деталей, а вернее - их реализуемость. Поэтому вначале рекомендуется составлять полный перечень признаков каждой детали, узла и возможных ограничений с последующей рандомизацией по отдельным критериям, таким как простота использования и получения эффекта, надежность, производительность, затраты. Затем отбираются конкурирующие варианты и устанавливается оптимальный по принятому критерию. Способы собираемости деталей должны обеспечивать автоматическое получение допустимых линейных и угловых смещений траекторным автопоиском различной природы, т. е. без влияния длинных размерных цепей оснастки. Такие конструкции просты, надежны, производительны и сравнительно дешевы. Однако при этом исключительно важное значение имеют также режимы ориентирования, связанные с влиянием силовых, температурных и физико - механических факторов. Правильное определение сил сборки, закрепления, инерционных и их реакций не всегда точно и поэтому часто требует экспериментального подбора. Это особенно относится к изменению законов распределения сил в ориентирующей подсистеме, что в общем - то выдвигает необходимость использования различных управляющих подсистем, приводящих к усложнению и повышению затрат сборки. Лучший вариант, но не всегда реализуемый - это самоуправление процессом.

Можно сформулировать ряд общих требований собираемости деталей 1 к 1: технологичность соединения, направляющие элементы и центрирующие поверхности, простота формы сопрягаемых поверхностей, достаточная прочность и жесткость, рациональная последовательность и направленность осуществления сопряжения, минимальность сборочных движений, обеспеченность правильного положения деталей без технологических элементов, наличие элементов фиксации, поверхностей для захвата, возможность одновременного выполнения процесса и его совместимость с другими технологическими элементами, предпочтительность зазорных посадок, применяемость простых методов, способов и режимов сборки.

После решения всех вопросов автоматической собираемости деталей и выделения деталей, требующих ручную сборку, переходят к обеспечению надежности и производительности оборудования и оснащения, реализующего сборку. Однако перед установлением оснащения производится выбор способа ориентирования и сборки в целом. Предлагается использовать метод обеспечения требуемого уровня надежности конструкции.

Отличается от известных тем, что вначале составляется надежностная схема конструкции, реализующей варианты по отдельным блокам, модулям, выполняемым функциям. Схема составляется в виде орграфа подмножества конкурирующих вариантов конструкции. Сущность программного метода обеспечения требуемого уровня надежности сводится к выбору в орграфе с помощью математических методов таких путей, веса дуг которых отвечают требуемым значениям показателя надежности для заданных условий сборки. Такой орграф легко записывается матрицей и вводится в память компьютера. В этом случае возможно усложнение поиска, а именно учитывание достигнутой производительности и стоящих за этим затрат. При таком подходе возможно использование этого метода и для формирования структуры сборочной системы в целом и по другим критериям, например, точности, долговечности.

Минимизация затрат по автоматическому ориентированию достигается на протяжении всего цикла. В первую очередь это обеспечивается за счет технологичности конструкции изделия. Затем за счет технологии и правильного выбора способа ориентирования деталей, узлов изделия и конструкции ориентирующего устройства, его совместимости с другими функциональными устройствами, например подающими и собирающими. И третьим моментом является наиболее полное использование принципа модульности технологии и конструкции. Важна также современная организация сборочного процесса.

Список литературы: 1. Замятин В. К. Технология и оснащение сборочного производства машино - приборостроения: Справочник, -М.: Машиностроение, 1995.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОРТАЛЬНОГО КРАНА

Шарепо В. Е., Кондратьева Е. В., Сушков Б. К.
(НИПКИ КО ГКО ОАО «АЗОВ», г. Мариуполь, Украина)

Questions mechanisation on the basis personal computer process of project portal cargo crane with point of view choice principal parameters of crane, as it requires unhorizon movement the cargo with change the overhang, attainment of minimum cargo unbalanced moment, select of mobility balance apparatus and cross - sections carrier steelwork, ensure capacity for work of crane were consideration.

Из множества грузоподъемных машин порталный кран является одной из самых сложных, как по кинематике движущихся звеньев, так и с точки зрения обоснования на прочность металлоконструкции элементов portalного крана как стреловой системы, уравнивающего устройства, надстройки, платформы, портала, ходовой части.

НИПКИТ ОАО «АЗОВ» является головной организацией на Украине по проектированию порталных кранов. Конструкторские подразделения МНИПКИТ особое внимание уделяют автоматизации процесса проектирования, включая и выполнение технических расчетов. Разрабатывается система автоматизированного обоснования на прочность элементов металлоконструкции порталных кранов. Так, созданы программы на ПЭВМ для выбора четырехзвенной укосины порталных кранов, на основе которых выбираются параметры укосины, обеспечивающие требуемую горизонтальность перемещения груза при изменении вылета стрелы крана и минимальный грузовой неуравновешенный момент [1]. Так же разработаны программы для выбора уравнивающих устройств порталных кранов. После определения размеров четырехзвенной укосины и уравнивающего устройства стреловой системы конструктивно прорабатываются все элементы порталного крана. На основе этой проработки уточняются весовые нагрузки, действующие на кран, инерционные нагрузки, возникающие при работе крана, ветровые нагрузки, которые изменяются при изменении вылета стрелы крана.

Была разработана расчетная схема металлоконструкции порталного крана в целом по стержневому аналогу для определения деформативности и прочности элементов металлоконструкции крана с учетом естественных шарниров в местах установки хобота на стрелу, подсоединения оттяжки к хоботу, опирания стрелы на платформу, соединения частей надстройки между собой и опирания на платформу и т.д.

Разработки, приведенные в работах [2], [3], [4] позволили определить эквивалентные напряжения по гипотезе теории формоизменения в произвольной точке поперечного сечения крановой металлоконструкции. Данные разработки были выполнены на основе предпосылок теории «Сопrotивления материалов». Реализация этих разработок в программное обеспечение и подключение их к программному комплексу (ПК) расчета на прочность «Мираж» [5] произведена специалистами центра АСУ ОАО «Азов». Это дало возможность рассмотреть всю гамму нагрузок порталного перегружочного крана на вылетах 36, 32, 30, 28, 24, 18, 16, 9 метров, как в монтажном, так и в перегружочном режимах с рассмотрением всех возможных при этом отклонений качания груза и направления ветрового воздействия.

Время счета одного варианта загрузки на компьютере с 586 процессором составляет, в зависимости от варианта загрузки крана, 3-5 мин. Количество узлов в расчетной схеме составило 282, количество стержней - 379, количество типов жесткостей составило 109.

Основные параметры спроектированного порталного крана следующие: вылет стрелы крана максимальный 36 метров, минимальный 9 метров. Грузоподъемность крана с грейфером, магнитом или крюком на 9-36 метров - 16 тонн, на вылетах 9-18 м - 20 т, на вылетах 9-18 м - 32 т при работе с крюком, высота подъема груза от головки подкранового рельса 22,2 метра, группа режима работы крана по ГОСТ 25546-82, 7к (Т, 60 %), ширина колеи крана 10,5 м, общая масса крана с учетом подвижного и неподвижного противовесов установленных на кране, и электрооборудования составляет 280 тонн.

Рассмотрение всех возможных вариантов загрузки крана при перегружочном режиме позволило с достаточной достоверностью определить коэффициент асимметрии циклов нагружения для всех элементов, а, следовательно, и произвести более обоснованно расчет на усталостную прочность. При этом, можно отметить, что наиболее напряженными элементами при расчете на усталостную прочность оказался хобот порталного крана и рейка изменения вылета стреловой системы. В этих элементах порталного крана коэффициент асимметрии цикла самым малым оказался равным 0,1, т.е. можно сделать практический вывод: к этим элементам следует применять повышенные требования в изготовлении и обращать внимание на эти элементы крана при их эксплуатации.

Можно отметить, что проведенные исследования по прочности элементов порталного крана на основе представления металлоконструкции крана стержневой системой является начальным этапом проектирования и принципиально дают возможность оценить прочность крана в целом.

Чтобы окончательно завершить процесс проектирования и создания конкурентоспособной машины необходимо выполнить второй этап обоснования на прочность - рассмотреть наиболее ответственные элементы металлоконструкции в виде оболочечных моделей. На оболочечных моделях возможно оценить рациональность проектирования металлоконструкций в местах приложения локальных нагрузок и опорных узлов. Данные исследования проводятся также при помощи ПК «Мираж».

Процесс проектирования будет считаться законченным, когда будут произведены сопоставления расчетно-теоретических напряжений с напряжениями, замеренными в результате натурных тензометрических испытаний. Уровни напряжений и деформаций элементов металлоконструкции расчетно-теоретические и фактические должны быть сопоставимы.

Список литературы: 1. Жермунский Б.И., Мисюра В.П. «Оптимальное проектирование уравнивающих устройств стреловых систем порталных кранов», «Вестник машиностроения» № 7, 1980г. 2. Сушков Б.К. «Определение геометрических характеристик поперечных сечений металлоконструкций», ВНИИПТМАШ, Сб. научных трудов, М, 1962г, стр. 61-65. 3. Сушков Б.К., Филь Б.Д. «Исследование напряженно-деформированного состояния стреловой системы порталного крана грузоподъемностью 100т», ВНИИПТМАШ, Сб. научных трудов, М. 1986г. стр. 63-66. 4. Сушков Б.К. «Определение с помощью ЭВМ напряженного состояния в стержневых аналогах крановых металлоконструкций», ВНИИПТМАШ Сб. научных трудов, М, 1988г. стр. 95-99. 5. Программный комплекс «Мираж». Научно-исследовательский институт автоматизированных систем в строительстве (НИИАСС), г. Киев, 1994г.

НОВЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЗУБЬЕВ КОЛЕС

Шарипов Т.А., Беков Д.А. (КазНТУ, г. Алматы, Республика Казахстан)

The essence of new method of getting modified cogs is to give hydroabrasive suspension on involute surface being machined wheel. Suspension is given through the slotted former of stream formed by wheel and instrument which are in gearing. Instruments are cogged rack or another rack wheel. Instrument has apertures for passage of suspension.

Эффективным и применяемым на практике методом повышения эксплуатационных характеристик зубчатых колес является модификация профиля зуба, уменьшающая скорость сближения профилей при пересопрежении, вследствие чего повышается плавность работы передачи.

Эту задачу на наш взгляд можно реализовать с применением прогрессивных технологий, к которым относится и технология чистовой обработки деталей машин с использованием эффекта ударно-импульсивного действия на поверхность потока свободного абразива.

Процессы, использующие эффект удара различных частиц об обрабатываемую поверхность, осуществляются разными способами.

Процесс абразивно-жидкостной или гидроабразивной обработки заключается в направлении струй суспензии, состоящей из воды и абразивных материалов, на обрабатываемые поверхности деталей. Эта струя обычно подвергается воздействию потока сжатого воздуха, который увеличивает скорость истечения суспензии. В результате такой обработки об-

разуются чистые матовые поверхности, без направленных рисок, характерных для обычных методов механической обработки (снятием стружки). Действие режущих кромок абразива на обрабатываемую поверхность непродолжительно и имеет импульсивный характер. В этом заключается основная особенность процесса.

Гидроабразивная обработка рабочих поверхностей зубьев колес обеспечивает более спокойную и бесшумную работу редукторов и других зубчатых передач.

Для повышения качества и геометрической точности получения боковых модифицированных поверхностей зубьев зубчатых колес разработан новый способ гидроабразивной обработки эвольвентных зубьев зубчатых колес. Сущность предлагаемого способа заключается в подаче на эвольвентную поверхность зубьев обрабатываемого зубчатого колеса гидроабразивной суспензии через щелевой формователь струи суспензии, образованный находящейся в зацеплении с колесом зубчатой рейки (колеса) с отверстиями для прохода суспензии. Канал щелевого формователя струи гидроабразивной суспензии имеет форму щелевого сопла Лавала с критическим сечением, образованным сопряжениями эвольвентного профиля зубьев рейки (колеса) и обрабатываемого колеса. При этом канал ограничен по ширине планками, закрепленными на рейке контактирующими с торцами колеса. Вследствие наличия зазоров между рейкой (колесом) и колесом имеется щелевой канал, образованный сопряженным эвольвентным профилем зубьев колеса и профилем рейки (колеса). Форма щелевого канала, в который под давлением подается гидроабразивная суспензия, соответствует соплу Лавала с критическим сечением, в котором съем металла при прокатке суспензии через щелевой канал максимален из-за увеличенной скорости потока рабочей жидкости. При сообщении рейки (колеса), находящейся в зацеплении с зубчатым колесом, возвратно-поступательного перемещения, изменяется форма щелевого канала между сопряженными профилями зубьев и перемещается критическое сечение сопла Лавала (щелевого канала) вдоль обрабатываемого зуба колеса. Управление скоростью перемещения рейки (колеса), а также давлением рабочей жидкости V_p , подаваемого через отверстие в рейке в щелевой канал, позволяет вести обработку эвольвентной поверхности зубьев с различной интенсивностью, в частности, выполнять фланкирование вершин зубьев колеса путем замедления скорости перемещения рейки, а следовательно, и критического сечения сопла Лавала на соответствующих участках обрабатываемой поверхности. Для исключения слива суспензии из зоны обработки через торцовые зазоры в зубчатом зацеплении предусмотрены контактирующие с зубьями колеса по его торцам планки, закрепленные

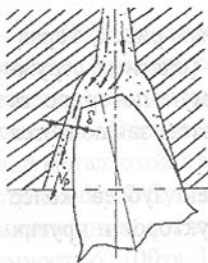


Рис.1. Схема положения зуба зубчатого колеса в процессе гидроабразивной обработки.

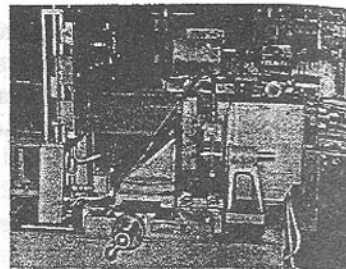
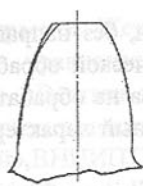


Рис.2. Устройство для гидроабразивной обработки зубьев.

на рейке (колеса). Обрабатываемый зуб зубчатого колеса для обработки вводят в паз сопла инструмента (рейки или колеса). Боковая поверхность паза и одна из рабочих сторон обрабатываемого зуба формируют струю (Рис.1). Образованный зазор с боковыми поверхностями представляет собой сопло Лавали с соответствующими участкам: сужающийся, критический ($\delta_{\min}$), расширяющийся. Предложенный способ реализован на устройстве, показанный на Рис.2.

После гидроабразивной обработки зубьев сопрягаемых в передаче зубчатых колес в результате экспериментальных исследований уровень шума их снизился до 3...4 Дба.

Список литературы: 1. А.С.1373550 СССР "Способ гидроабразивной обработки эвольвентных зубчатых колес" /Т. А. Шарипов, О.И. Васенков, В. Д. Кригер/ (СССР), - Оpubл. в Б.И. 1988 г. №6. 2. А.С.1602634 СССР "Способ гидроабразивной обработки зубьев зубчатых колес" /Т. А. Шарипов и др./ (СССР), - Оpubл. в Б.И. 1989 г. №40.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ МОЩНОСТЯМИ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Швец И.Б., Мощинская В.А. (ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

There is proposed the mechanism of management of being productional powers in the conditions of non-stable demand for output production.

Мировой опыт продуктивного применения производственных мощностей в условиях подъема и спада экономики, а также практика работы

украинских предприятий последних лет свидетельствуют о необходимости формирования нового подхода к управлению использованием производственных мощностей предприятий. Пока еще действующие обобщающие понятия производственных мощностей, выдвинутые украинскими и российскими экономистами в предшествующие годы и официально закрепленные в различных инструктивных материалах, формулировались на основе нормативов в основном производственного характера, без учета экономических последствий использования производственных возможностей отдельных предприятий или отраслей. В мировой экономической литературе подобное определение производственной мощности относится к технической категории. Вместе с тем научное определение производственной мощности, которое учитывало бы экономические, а не технические результаты применения производственных мощностей, до настоящего времени в специальной литературе Украины отсутствует, а проблемы эффективного управления их использованием не находят необходимого разрешения в экономической политике государства.

В европейской экономической литературе, специальной литературе США и других стран вопросы эффективного использования производственных мощностей привлекают пристальное внимание многих исследователей и предпринимателей, в связи с чем ими предлагается новая категория «экономической производственной мощности» [1, 2, 3]. При этом данную категорию они понимают как объем производства, соответствующий в данных конкретных условиях минимуму средних штучных издержек или максимуму прибыльности. С учетом дополнительных факторов экономическая производственная мощность определяется ими как объем продукции, который может быть произведен при минимальных средних издержках производства и сбыта при существующих средствах производства и его организации и установившихся ценах на факторы производства. В рекомендациях ЮНИДО по подготовке промышленных технико-экономических исследований для развивающихся стран указывается, что данная мощность должна соответствовать величине спроса, заданного в исследовании рыночной конъюнктуры [4].

Аналогичная трактовка категории экономической производственной мощности используются в работах германских экономистов, где, в частности, указывается, что речь идет об объеме производства, соответствующем минимуму издержек на производство единицы продукта [1, 5]. Большинство западных экономистов указывает на существование определенной связи между технической, предельной и экономической, оптимальной или нормальной мощностью. Однако проведенные исследования по установлению конкретной функциональной зависимости между этими категория-

ми не давали положительных результатов и завершались, как правило, лишь постановкой вопроса. Как указывает Меллерович К. «Единственное, что не представляет сомнений, - это то, что экономическая мощность по своей сути является величиной, отвечающей определенному коэффициенту использования технической мощности и меньше последней» [1, с.45].

Таким образом, использование категории экономической мощности может ограничиваться сферой теоретических рассуждений, главным образом, на макроэкономическом или на отраслевом уровне, если не придать ей методический характер. Такое состояние изучаемого вопроса, по мнению исследователей, объясняется тем фактом, что применительно к отрасли промышленности исследования в рамках понятия экономической мощности могут дать результаты лишь весьма общего характера, а к отдельным предприятиям с широким ассортиментом продукции они вообще считаются не применимыми. Исключение могут составлять, естественно, монопродуктные, преимущественно непрерывные виды производства, и то в ограниченных пределах.

Исследованиями украинских экономистов установлено, что несмотря на существенное принципиальное различие в условиях рентабельности для предприятий, работающих на рынок различной емкости, общей тенденцией для них остается снижение рентабельности производства при приближении к пределу производительной способности оборудования [6, 7]. Проведенное изучение данного вопроса показало, что повышение уровня использования производственных мощностей в пределах рентабельности сопровождается снижением темпов прироста прибыли. При этом характер зависимости имеет одинаковую тенденцию для различных предприятий и условий: значительное снижение темпов прироста прибыли при использовании производственной мощности в пределах от 40 до 50% и некоторое постоянство темпов прироста прибыли при большей степени использования производственной мощности. Например, зависимость темпов прироста прибыли от уровня использования производственной мощности для случая выпуска однородной продукции в условиях ОАО «Макеевский труболитейный завод» при нижнем пределе эффективного использования производственной мощности по предприятию, равному 36,1% при 12-процентной рентабельности, дальнейшая зависимость темпов прироста прибыли от уровня использования производственной мощности показана на рис. 1, что подтверждает общую тенденцию. Вместе с тем, повышение уровня использования производственной мощности, как правило, сопровождается также ростом и постоянных затрат.

Поэтому при более высоких уровнях использования производственной мощности имеет место незначительный общий прирост прибыли при

снижении рентабельности продукции. При дальнейшем наращивании выпуска продукции на одном и том же оборудовании может иметь место полное сокращение прибыли и переход в убыточную зону.

Опыт работы предприятий обрабатывающей промышленности, в частности машиностроения США и стран Западной Европы показывает, что предприниматели стремятся обеспечить экономически целесообразное функционирование производственных мощностей на уровне, не превышающем 45-50% их технических возможностей [8]. В периоды конъюнктурных спадов предприятия, имеющие долговременные государственные заказы, сохраняют возможность работать с более высоким уровнем использования производственной мощности и с более высоким уровнем рентабельности, чем остальные предприятия.

Для конкретного предприятия или предпринимателя тот или иной уровень производственной мощности будет являться наиболее эффективным в том случае, если величина получаемой им прибыли при работе на некотором уровне производственной мощности, будет максимальной. Это условие будет соблюдаться в том случае, если высокий количественный уровень производства сочетается с минимальными или близкими к минимуму издержками производства на единицу продукции.

Анализ работы предприятий показывает, что эффективный уровень

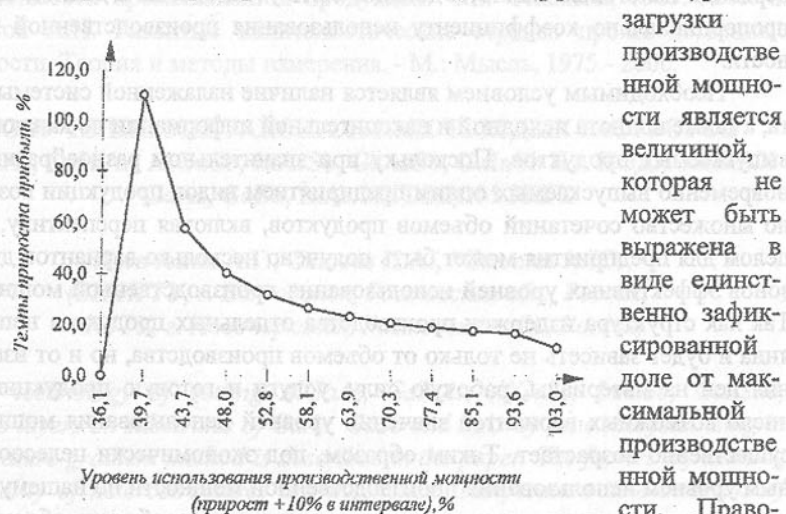


Рис. 1 Изменение темпов роста прибыли в зависимости от уровня использования производственной мощности. Правомо- мерно гово- рить о пре- делах эффек- тивного использования, от минимального до максимального эффективных

уровней, то есть о диапазоне практического использования производственной мощности. Он может быть установлен для каждого отдельного вида производства, в зависимости от конкретных технических особенностей, объема спроса, движения цен на технологические факторы производства и продукцию.

В практических условиях работы предприятия с переменным спросом на продукцию объем производства одного продукта не может быть зафиксирован на определенном уровне в течение относительно длительного периода, он устанавливается в зависимости от колебаний спроса. Однако при выпуске большого ассортимента продуктов можно достичь минимальных или близких к минимальным издержек в относительно широком диапазоне объемов производств, а следовательно в широких пределах по величине уровней использования производственных мощностей.

Установление величины производственной мощности, соответствующей минимуму издержек для будущего периода возможно при соблюдении определенного ряда условий. Во-первых, необходимо выполнить ретроспективный анализ за период любой продолжительности, для которого производственная мощность не изменялась ни в результате расширения или ликвидации объектов, ни в результате их модернизации. Объем продаж, доля бракованной продукции, административные и сбытовые издержки и налоговые выплаты должны быть установлены в данном случае пропорционально коэффициенту использования производственной мощности.

Необходимым условием является наличие налаженной системы учета, а также полнота исходной и накопительной информации по каждому из выпускаемых продуктов. Поскольку при значительном разнообразии одновременно выпускаемых одним предприятием видов продукции возможно множество сочетаний объемов продуктов, включая перспективу, то в целом для предприятия может быть получено несколько вариантов диапазонов эффективных уровней использования производственной мощности. Так как структура издержек производства отдельных продуктов непостоянна и будет зависеть не только от объемов производства, но и от изменения цен на материалы, рабочую силу, услуги и готовую продукцию, то число возможных вариантов значений уровней использования мощности существенно возрастает. Таким образом, под экономически целесообразным уровнем использования производственной мощности по нашему мнению следует понимать такую производительную способность оборудования, полное использование которого соответствует экономически оправданному, возможно большему, объему выпуска продукции, при котором

достигается оптимальное распределение постоянных издержек, а штучные издержки достигают минимума при максимуме дохода.

Разделение постоянных затрат на полезные и холостые имеет целью выделение той части постоянных затрат, которая может быть сокращена с уменьшением объема продукции или степени загрузки производственных мощностей, и на эту сумму могут быть уменьшены общие издержки. Поэтому в периоды снижения загрузки можно осуществлять мероприятия по сокращению определенной части.

Список литературы: 1. Mellerowicz K. Betriebswirtschaftslehre der Industrie. 3 Auflage. Freiburg im Breslau, 1958, Bd.1, S.241. 2. Kern W. Die Messung industrieller Fertigungskapazitäten und ihre Ausnutzung. Köln und Opladen, 1962, S.164. 3. Clar P. Die Kapazitätsausnutzung in der Industrieunternehmung. 1964, S.271. 4. Пособие по подготовке промышленных технико-экономических исследований. - ЮНИДО. 1979.-293с. 5. Schonfeld. Probleme und Verfahren der Kapazität und des Auslastungsgrades.- «Zeitschrift für gesamte Staatswissenschaft», 1967, Januar, 123. Bd., 1. H., S.25-29. 6. Чумаченко Н.Г. Учет и анализ в промышленном производстве США.- М.: Финансы, 1971.-240с. 7. Чумаченко Н.Г. Методы учета и калькулирования себестоимости промышленной продукции. -М.: Финансы, 1965.-124с. 8. Федотов А.Н. Развитые капиталистические страны: производственные мощности. Теория и методы измерения. - М.: Мысль, 1975.- 260с.

ПОЛУЧЕНИЕ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ AlGaAs, GaInAs, AlGaSb, InAsSb, GaAsSb, GaInSb НА ПОДЛОЖКАХ GaAs, GaSb, InAs МЕТОДОМ ЗПТ

Шевченко А.Г., Сысоев И.А., *Смолин А.Ю.
(ВИ НГТУ, г. Волгодонск, Ростовская обл., Россия;
- НГТУ, г. Новочеркасск, Ростовская обл., Россия)

Tested technology of getting AlGaAs, GaInAs, AlGaSb, InAsSb, GaAsSb, GaInSb layers on substrates of GaAs, GaSb and InAs by zone recrystallizing in temperature gradient method is described in the paper. The factors influencing the quality of heterostructures are mentioned. Temperature-time intervals of growing layers are given in details.

Вследствие широкого использования трехкомпонентных эпитаксиальных гетероструктур в микроэлектронной промышленности в настоящее время возникает необходимость в их удешевлении с одновре-

менным, по возможности, повышении качества выращиваемых слоев. В

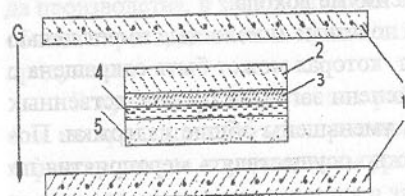


Рис.1. Схема процесса ЗПТ
1-нагреватели; 2-кристалл - подложка; 3-выращенный слой; 4-жидкая зона (расплав); 5-источник (подпитающий материал); G-направление градиента температур.

расплаве и кристаллизуются на относительно более холодных участках раздела фаз [1]. Данный метод не нуждается в дорогостоящем оборудовании и оснастке. Технологическое оборудование, используемое авторами подробно описано в [2]. Для выращивания эпитаксиальных структур использовались высокочистые материалы, отвечающие техническим условиям ТУ 48-4-420-80 и ТУ 48-0533-009-81, подложках GaAs, GaSb и InAs были ориентированы в направлении [111] и [110]. Все подложки проходили стандартную предварительную химическую обработку [1].

Для подавления летучести веществ необходимо проводить процесс гомогенизации и выращивания в среде водорода при повышенном давлении порядка 10^5 Па.. В ходе проведенных экспериментов отмечалось влияние на качество выращенных слоев

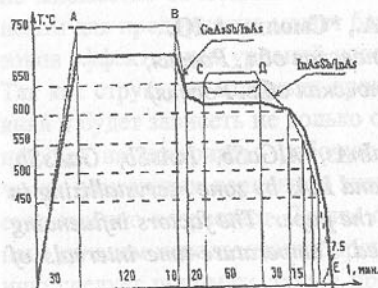


Рис.2. Температурно-временной интервал получения гетероструктур GaAsSb/InAs и InAsSb/InAs.

данном докладе предлагается отработанная технология получения AlGaAs, GaInAs, AlGaSb, InAsSb, GaAsSb, GaInSb на подложках GaAs, GaSb и InAs методом зонной перекристаллизации градиентом температур (ЗПТ). Сущность метода ЗПТ заключается в последовательной перекристаллизации частей твердого тела жидкой зоной, движущейся под действием градиента температур (рис. 1). Твердое тело непрерывно растворяется на более горячих частях границы зоны, растворенные атомы диффундируют в

следующих параметрах: толщины жидкой зоны, величин температурного градиента, переохлаждения, времени процесса. Температурно-временной режим зависит от требований к получению конкретных гетероструктур. Ниже приведены и описаны оптимальные режимы для структур GaAsSb/InAs и GaInAs/GaAs, AlGaAs/GaAs и GaInSb/GaSb.

На рисунке 2 приведен температурно-временной режим для получения твердого раствора GaAsSb/InAs и InAsSb/InAs. Как видно, процесс гомогенизации проводился при 750°C в течении 120 мин., а сам процесс ЗПТ при 650 °C в течении 60 мин., раздвоение на этом интервале показывает температуру на верхней и нижней подложках (показание верхней и нижней термопары). Как показывают предварительные эксперименты и данные из публикаций для данного состава не требуется переохлаждение расплава, поэтому оно и не проводится. Временной режим самого процесса предварительно был вычислен исходя из толщины жидкой зоны, необходимой толщины твердого раствора, темпа кристаллизации. При необходимости возможно получение легированных составов, но при этом температурно-временной режим остается без изменений, необходимо лишь менять состава жидкой зоны (исходной шихты), исходя из знаний фазовых равновесий и коэффициентов распределения. Получение (температурно-

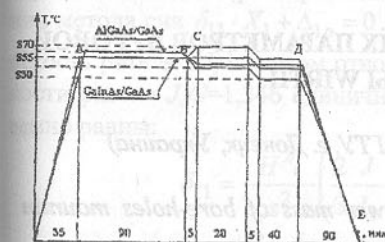


Рис.3. Температурно-временной интервал получения гетероструктуры AlGaAs/GaAs и GaInAs/GaAs.

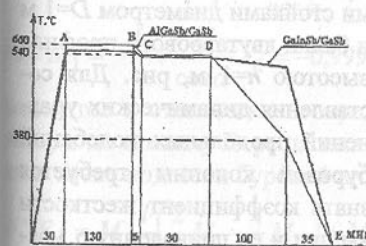


Рис.4. Температурно-временной интервал получения гетероструктур AlGaSb/GaSb и GaInSb/GaSb.

временной режим) растворов на основе GaAs имеет незначительные отличия, связанные лишь с различными температурами плавления GaAs и InAs и появления в исходной шихте алюминия.

На рисунке 3 изображен температурно-временной интервал для соединения AlGaAs/GaAs и GaInAs/GaAs. Как и в предыдущем случае весь режим можно разбить на четыре части: а) установка температуры (до 855°C по центральной термопары); б) процесс гомогенизации (процесс проходит без температурного градиента); в) ЗПТ (температурный градиент устанавливается в зависимости от толщины жидкой зоны и желаемой толщины получаемой структуры, в нашем случае градиент был установлен не более 20 градусов на сантиметр); г) охлаждение (в данном случае не требуется ступенчатое охлаждение, так как коэффициент термического расширения структуры и подложки близки друг другу).

На рисунке 4 показан температурно-временной интервал для получения двух полупроводниковых гетероструктур AlGaSb/GaSb и GaInSb/GaSb в данном случае происходит простая жидкофазная эпитаксия (градиент температур равен нулю). Температура плавления основной структуры GaSb -983°K, соответственно процесс эпитаксии происходит при более низких температурах, чем для предыдущих двух гетеросистем.

Использование данной технологии позволило получить слой с контролируемым составом толщиной от 3 до 100 мкм.

Список литературы: 1. В.Н. Лозовский, Л.С. Лунин, В.П. Попов. Зонная перекристаллизация градиентом температуры полупроводниковых материалов. Москва, "Металлургия", 1987. 2. Шевченко А.Г. Разработка физико-химических основ получения многокомпонентных твердых растворов на основе InAs в поле температурного градиента. Канд. дис. Новочеркасск. 1996.

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БУРОВОЙ ВЫШКИ СИСТЕМЫ WIRTH

Шевченко Ф.Л., Улитин Г.М. (ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

The coefficient of hardtion and bringing tower mass of bore-holes mauntin WIRTH is definite for its dynamic calculation.

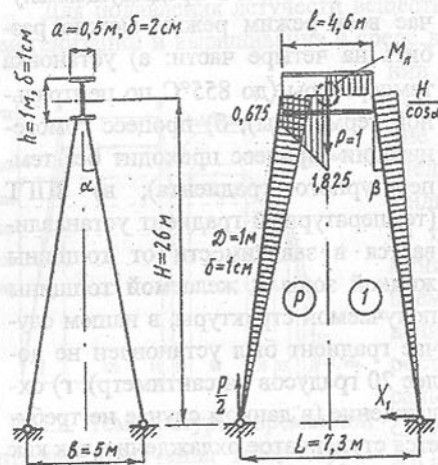


Рис. Расчетная схема вышки.

Буровая вышка установки WIRTH представляет портал в виде рамы с наклонными стойками диаметром $D=1$ м и балки двутаврового профиля высотой $h=1$ м, рис. Для составления динамических уравнений продольных колебаний буровой колонны требуется знать коэффициент жесткости вышки и ее приведенную массу.

Коэффициент жесткости вышки $c=1/\delta_{11}$ представляет собою величину обратную перемещению δ_{11} точки подвески

буровой колонны от единичной силы. Это перемещение можно вычислить по правилу Верещагина путем перемножения окончательной эпюры изгибающих моментов статически неопределимой рамы на эпюру от единичной силы, приложенной в точке приложения нагрузки. Но для этого нужно раскрыть статическую неопределимость рамы. В поперечной плоскости портал представляет двухстержневую систему, испытывающую сжатие с

деформациями стоек $\Delta = \frac{PH}{4EF \cos^2 \alpha \cos \beta}$, где влиянием распора X_1 мож-

но пренебречь (здесь $F=\pi \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$ - площадь поперечного сечения стойки и E - модуль упругости стали). От нагрузки $P=3,2$ МН (на которую рассчитывается установка) $\Delta=3,347 \cdot 10^{-3}$ м, а коэффициент податливости $\delta'_{11}=1,046 \cdot 10^{-9}$ м/Н.

В продольной плоскости рама один раз статически неопределимая, горизонтальная опорная реакция X_1 находится из канонического уравнения метода сил $\delta_{11} \cdot X_1 + \Delta_{1P} = 0$. При сокращении этого уравнения на жесткость ригеля EJ , с учетом отношения жесткостей опорных стоек к жесткости ригеля $J_0/J=1,346$ единичный и грузовой коэффициенты соответственно равны:

$$\delta_{11} = \frac{H^2 l}{\cos^2 \alpha} \left(\frac{2}{3} \frac{J}{J_0} \frac{H}{l \cos \alpha} + 1 \right) = 11978,1 \text{ Нм}^3/\text{Н},$$

$$\Delta_{1P} = -\frac{H^2 l}{2 \cos \alpha} \left(\frac{2L-1}{4H} + \frac{L-1}{3l} \frac{J}{J_0 \cos \alpha} \right) = -378,5 \text{ Нм}^3/\text{Н}.$$

Реакция от силы $P=1$ равна $X_1=0,0316$ Н/Н. Изгибающий момент в узле рамы $M_0(P=1) = \frac{L-l}{4} - \frac{H}{\cos \alpha} X_1 = 0,1507$ Нм/Н и посередине пролета ригеля

$M_1 = -\frac{L}{4} + \frac{H}{\cos \alpha} X_1 = -0,9993$ Нм/Н определяют эпюру изгибающих

моментов в статически неопределимой раме от $P=1$. На основании этой эпюры по правилу Верещагина получим коэффициент податливости вышки в точке подвески буровой штанги

$$\delta''_{11} EJ = M_1 \frac{l}{2} \left(\frac{2}{3} M_1 - \frac{1}{3} M_0 \right) + M_0 \frac{l}{2} \left(\frac{2}{3} M_0 - \frac{1}{3} M_1 \right) + \frac{M_0^2 H}{3 \cos \alpha} \frac{J}{J_0} 2 = 1,629 \text{ м}^3,$$

т.е. $\delta''_{11}=1,396 \cdot 10^{-9}$ м/Н. Так находим коэффициент жесткости вышки

$$c = \frac{1}{\delta'_{11} + \delta''_{11}} = 409,5 \cdot 10^6 \text{ Н/м}.$$

Приведенную массу вышки найдем, приравняв частоту первого тона колебаний рамы с распределенными параметрами и частоту колебаний невесомой рамы с одной массой, приведенной в точку подвески буровой колонны. Частота колебаний одномассовой системы определяется по известной формуле

$$\omega = \sqrt{\frac{c}{M_{\Pi}}}, \quad (1)$$

а для вычисления спектра частот колебаний рамы с распределенными параметрами нужно находить корни трансцендентного уравнения, которое легко получить методом перемещений из равновесия узловых моментов от единичного угла поворота узлов рамы

$$\frac{3EJ}{H} \cos \alpha \cdot \mu(\lambda_1) + \frac{4EJ}{l} \mu_1(\lambda) - \frac{2EJ}{l} \mu_2(\lambda) = 0.$$

Здесь обозначено:

$$\lambda = kl = l^4 \sqrt{\frac{m_p}{EJ}}, \quad \lambda_c = k_c \frac{H}{\cos \alpha} \sqrt{\frac{m_c \omega^2}{EJ_c}} = \xi \lambda, \quad \xi = \frac{H}{\cos \alpha} \sqrt{\frac{m_0 J}{m J_0}}.$$

Вводя дополнительные обозначения $k_1 = \frac{J_0}{J}$, $k_2 = \frac{H}{l \cos \alpha}$, получим частотное уравнение в виде

$$3k_1 \mu_5(\lambda) + 4k_2 \mu_1(\lambda) - 2k_2 \mu_2(\lambda) = 0. \quad (2)$$

Коэффициенты узловых моментов вычисляются по известным в строительной механике формулам

$$\mu(\lambda) = \frac{\lambda \operatorname{ch} \lambda \sin \lambda - \operatorname{sh} \lambda \cos \lambda}{4(1 - \operatorname{ch} \lambda \cos \lambda)}, \quad \mu(\lambda) = \frac{\lambda \operatorname{sh} \lambda - \sin \lambda}{2(1 - \operatorname{ch} \lambda \cos \lambda)},$$

$$\mu(\lambda_c) = \frac{2}{3} \lambda_c \frac{\operatorname{sh} \lambda \sin \lambda_c}{\operatorname{ch} \lambda_c \sin \lambda - \operatorname{sh} \lambda \cos \lambda_c}. \quad (3)$$

Для конкретной рамы буровой вышки установки WIRTH погонная масса стоек $m_c = 245$ кг/м, момент инерции поперечного сечения стоек $J_0 = \pi D^4 / 8 = 3,927 \cdot 10^{-3}$ м⁴, погонная масса ригеля $m = 234$ кг/м и момент инерции $J = 5,833 \cdot 10^{-3}$ м⁴. Геометрические коэффициенты: $\xi = 6,355$, $k_1 = 1,346$, $k_2 = 5,691$. Частотное уравнение (2) принимает вид

$$0,177 \mu_5(6,355 \lambda) + \mu_1(\lambda) - 0,5 \mu_2(\lambda) = 0.$$

Из этого уравнения находим первый корень $\lambda = 2,495$, чему соответствует частота колебаний

$$\omega = \frac{\lambda}{l^2} \sqrt{\frac{EJ}{m}} = 656,8 \text{ с}^{-1}.$$

Приравняв эту частоту частоте одномассовой рамы, находим приведенную массу рамы

$$M_{\Pi} = \frac{cl^3}{\lambda^4 EJ} ml = 0,88 ml = 949 \text{ кг}.$$

Список литературы: 1. Киселев В.С. Строительная механика. Специальный курс (динамика и устойчивость сооружений). - М.: 1964. - 332 с.

ОБ ОЦЕНКЕ ПРИБЛИЖЕННЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ БУРОВЫХ УСТАНОВОК

Шевченко Ф.Л., Улитин Г.М., Петтик Ю.В.
(ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

The valuations of frequencies of boring machines vibrations are shown in this article.

В инженерных динамических расчетах буровых установок используются упрощающие гипотезы о несущественном влиянии некоторых конструктивных элементов системы на частоты собственных колебаний.

Расчетная схема буровой установки РТБ при условии недеформируемости буровой вышки показана на рис.1, где M_1 , M_2 , M_3 - массы талевого системы, ротора и режущего инструмента соответственно; m - погонная масса буровой колонны с жесткостью продольной деформации EF , c_1 и c_2 - жесткости талевого системы и подвески режущего инструмента.

Продольные колебания поперечных сечений буровой колонны $u(x,t)$ определяются из волнового уравнения

$$\ddot{u}(x,t) - a^2 u''(t) = 0 \quad (1)$$

с граничными условиями

$$M_1 \ddot{u}(0,t) + c_1 u(0,t) - EF u'(0,t) = 0, \quad (2)$$

$$M_2 \ddot{u}(l,t) + c_2 (y(t) - u(l,t) + EF u'(l,t)) = 0; \quad (3)$$

и дополнительным уравнением для массы M_3

$$M_3 \ddot{y} + c_2 (y(t) - u(l,t)) = 0, \quad (4)$$

где $a = \sqrt{\frac{EF}{m}}$ - скорость волны деформации колонны.

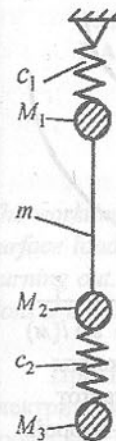


Рис. 1. Расчетная схема буровой установки РТБ.

Решение таких задач рассмотрено в работах [2,3]. Исключая $y(t)$ из уравнения (4) и удовлетворяя граничным условиям (2), (3), получим частное уравнение

$$tg\lambda_n = \frac{(\xi_1 + \xi_2)\xi_3\lambda_n^4 - (\xi_1\xi_3 + \xi_2(\xi_1 + \xi_2 + \xi_3))\lambda_n^2 + \xi_1\xi_2}{\xi_1\xi_2\xi_3\lambda_n^5 - (\xi_1\xi_2\xi_3 + \xi_3 + \xi_2\xi_1(\xi_2 + \xi_3))\lambda_n^3 + (\xi_2 + \xi_1\xi_2(\xi_2 + \xi_3))\lambda_n}, \quad (5)$$

собственные значения которого λ_n позволяет найти спектр частот собственных колебаний

$$\omega_n = \frac{\lambda_n a}{l}. \quad (6)$$

Для установок роторного бурения, когда $M_3 = 0$, частное уравнение упрощается и принимает вид

$$tg\lambda_n = \frac{\xi_1 - (\xi_1 + \xi_2)\lambda_n^2}{(1 + \xi_2\xi_1)\lambda_n - \xi_1\xi_2\lambda_n^3} \quad (7)$$

В уравнении (6) и (7) обозначено $\xi_i = \frac{M_i}{ml}$, $\varsigma_i = \frac{c_i l}{EF}$.

На рисунке 2 показана погрешность в первых двух частотах колебаний

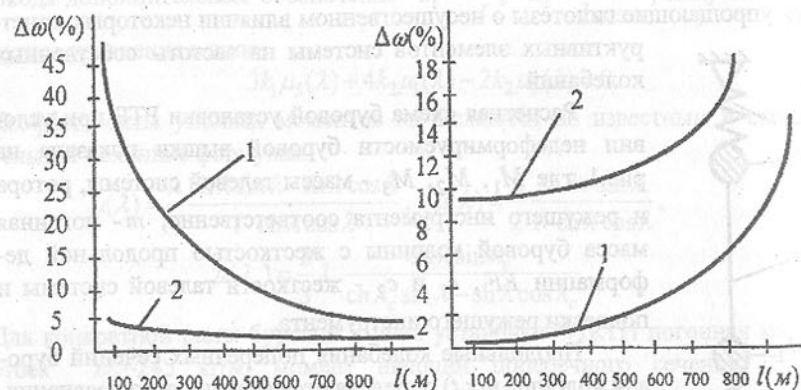


Рис. 2. Влияние талевой системы на первые частоты колебаний: 1- на первую, 2- на вторую.

$\Delta\omega_n$ на примере буровых установок роторного типа фирмы WIRTH, вычисленные по формуле (7) с учетом и без учета жесткости талевой системы. Как видно, влиянием талевой системы можно пренебречь только при больших глубинах бурения, когда $l > 300$ м. Расхождения в более высоких уменьшаются. Аналогичная тенденция наблюдается и для установок реактивно-турбинного бурения. На рисунке 3 показана погрешность в первых

Рис. 3. Оценка приближенных расчетов первых двух частот колебаний: 1- первой, 2- второй.

двух частотах колебаний для системы WIRTH, вычисленные по формуле (7) и по упрощенной двухмассовой схеме с жестким защемлением верхнего сечения и сосредоточенной массой $M = \frac{ml}{2}$, приведенной к сечению по

середине колонны. Здесь погрешности колонны. Здесь погрешности с увеличением глубины бурения возрастают и для первых двух частот колебаний при небольшой длине колонны составляют 5% и 20% соответственно. Следовательно, практически при всех глубинах бурения в инженерных динамических расчетах буровых установок необходимо пользоваться уточненными формулами (5) и (7).

Список литературы: 1. Юртаев В.П. Динамика буровых установок. - М.: Недра, 1987. - 160с. 2. Шевченко Ф.Л., Улитин Г.М., Петтик Ю.В. Моделирование свободных и вынужденных колебаний установок реактивно-турбинного бурения//Прогрессивные технологии машиностроения и современность, 1997. - С. 263-264. 3. Улитин Г.М. Математическая модель продольных колебаний буровой колонны станков роторного типа// Прогрессивные технологии машиностроения и современность, 1997. - С.247-248.

УВЕЛИЧЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ НАГРЕВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ СПЛАВОВ Fe-Cr-Al В ПРОИЗВОДСТВЕ ОКСИДНОЙ КЕРАМИКИ

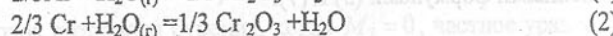
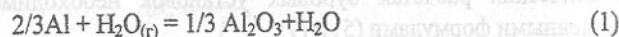
Шевчик В.А. (НИИВН, г. Славянск, Украина)

The worktime of heating elements on the basis of Fe-Cr-Al, working in a raised surface loading regime can be increased with the help of before exploitation burning out. The experimental data, obtained in experience production conditions are proposed.

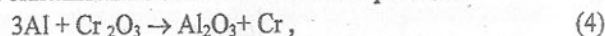
При термической обработке полуфабрикатов и изделий атмосфера электрической печи может быть окислительной, восстановительной, слабоокислительной, науглероживающей, инертной, специальной, которая обусловлена материалом обрабатываемой продукции. Однако наиболее распространенной является окислительная среда. При эксплуатации нагревательных сплавов в связи со спецификой выполняемых работ возникает ряд проблем: сложность размещения необходимого количества нагревателя в объеме печи, уменьшение долговечности нагревателя при увеличении рассеиваемой им поверхностной мощности, если длина нагревателя мень-

ше оптимальной. В случае работы нагревателей в окислительной среде при правильном вводе нагревателя в эксплуатацию можно увеличить срок его службы даже при повышенной поверхностной нагрузке.

Окислительная способность атмосферы зависит от её влажности (точки росы) и температуры нагревательного элемента. Ее оценку можно провести путём расчёта окислительно-восстановительного потенциала пароводородной смеси для элементов сплава. Расчёт равновесных значений (на примере сплава Х27Ю5Т) для процесса окисления базируется на реакциях:



При влажности водорода в пределах от (по точке росы) от -40° до 20°C во всём интервале рабочих температур атмосфера для железа восстановительная, а для алюминия окислительная. Для алюминия окислительная даже атмосфера очень сухого водорода с точкой росы -60°C (700°C). Для хрома, при изменении температуры и влажности, условия могут быть как окислительные, так и восстановительные. Принимая во внимание возможность протекания окислительно-восстановительной реакции:



можно предположить что окалина Fe-Cr-Al сплавов должна состоять из окиси алюминия [1]. Наличие у хрома пяти модификаций γ , α , β , δ и ϵ с температурой первого перехода 930°C ($\alpha \leftrightarrow \beta$) [2] определяет верхнюю границу предэксплуатационной обработки не выше 930°C . Нижняя граница соответствует точке росы для алюминия - 700°C .

Для определения доминирующих факторов при окислительно-восстановительном процессе на поверхности нагревателя и их роли в повышении долговечности исследовали типичный сплав типа Fe-Cr-Al в условиях экспериментального производства НИИВН.

Эксперимент проводился на печи, размеры которой составляли $550 \times 650 \times 910$ мм, нагревательные элементы в виде 3^x спиралей из сплава Х27Ю5Т $\varnothing 2,2$ мм равномерно располагались на боковых стенках печи.

Суммарная мощность печи составляла 15 кВт (мощность одной спирали 5 кВт). Для моделирования производственных условий печь имела постоянную загрузку, размещение которой в печи не менялось на протяжении всего эксперимента (рис. 2). Удельная поверхностная нагрузка нагревателя составляла $3,14 \text{ Вт/см}^2$, что в 2 раза превышает максимально допустимую $-1,5 \text{ Вт/см}^2$ (по аналогии с Алхром О при 1200°C) [1]. Напряжение и сила тока по каждой из фаз, температура в различных точках печи контролировались на протяжении всего эксперимента.

Был проведён ряд опытов с предэксплуатационной обкаткой сплавов и без неё, срок службы комплекта нагревательных элементов определялся по любой из трёх спиралей, перегоревшей первой. Данные по времени работы комплектов и выдержке при ключевых значениях температур представлены в таблице.

В ходе анализа полученных результатов мы выяснили что окалина образцов в опытах №1,2,3,4 состоит из 10-15% Al в пересчёте на Al_2O_3 , 40-45% Cr в пересчёте на Cr_2O_3 , 40-50% Fe в пересчёте на Fe_3O_4 . Возможно предположить что присутствует фаза FeCr_2O_4 . Окалина в опытах №5, 6, 7 содержит 30-35% Al в пересчёте на Al_2O_3 , 20-25% Cr в пересчёте на Cr_2O_3 , 40-50% Fe в пересчёте на Fe_3O_4 .

Анализируя окалину выяснили, что в случае предэксплуатационной обработки она содержит Cr и, особенно, Al в больших количествах, а Fe в меньших (в сравнении с окалиной нагревателя не прошедшего предварительную обкатку при более низких температурах).

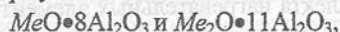
На основании полученных данных можно предположить, что ведущая роль в увеличении срока службы принадлежит Al_2O_3 β -модификации, потому что $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$ не чистая модификация окиси

Таблица.

Но- мер опыта	Выдержка при $t=800^\circ\text{C}^{+20}$ кол-во час.	Выдержка при $t=1200^\circ\text{C}^{+20}$ кол-во час.	Общее время службы при 1200°C , час	Краткая характери- стика нагревательного элемента после отказа
1	-	1	48	язвенная коррозия, различные диаметры по сечению, измене- ние электросопротив- ления
2	-	1	52	язвенная коррозия
3	-	1	49	воздушные раковины, язвенная коррозия
4	-	1	48,5	язвенная коррозия
5	24	1	96	изменение межвитко- вого расстояния, яз- венная коррозия
6	24	1	97	-
7	24	1	102	-

алюминия, а является условным обозначением целой группы аллюминатов, отличающихся высоким содержанием Al_2O_3 [3].

Присутствие в окалине этих соединений может быть в общем виде представлено формулами:



где MeO и Me_2O могут быть как CrO так и Fe_2O .

Полученные данные свидетельствуют о том, что ведущую роль в защите нагревателя типа Fe-Cr-Al от окисления играет содержание в ней Al_2O_3 . Таким образом перед началом эксплуатации рекомендуется обкатать нагреватель в диапазоне температур 700 - 900 °С, что позволит увеличить удельную поверхностную нагрузку нагревательного элемента без уменьшения срока службы.

Список литературы: 1. Сплавы для нагревателей / Л.Л. Жуков, И.М. Племянникова, М.Н. Миронова, Д.С. Баркая, Ю.В. Шумков. - М.: Металлургия, 1985. - 144с. 2. Исследования по жаропрочным сплавам. - т.8. - Отв. ред. И.А. Одинг. - М.: Изд-во Академии наук СССР, 1962г. 252с. 3. Керамика из высокоогнеупорных окислов / под. ред. Д.Н. Полубояринова и Р.Я. Попильского. - М.: Металлургия, 1977г. 304с.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЯРНОГО КРАНА АЭС С ВВЭР-1000 ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Шестакова И.А. (АГТУ, г. Астрахань, Россия)

Safety of overhead crane is part of NPS safety problem. The essence of safety probability analysis of the overhead crane when handling nuclear materials in NPS with VVER-1000 is evaluation of possible dangerous situations and working out optimum preventive measures on the basis of the said analysis.

Безопасность погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских (ПРТС) работ при обеспечении транспортно-технологических процессов с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ), в частности, с отработавшими тепловыделяющими сборками (ОТВС), является составной частью проблемы безопасности АЭС. Проблема вероятностного анализа безопасности (ВАБ) подъемно-транспортных систем (ПТС) АЭС в Российской Федерации решается в рамках ФЦП «Обращение с радиоактивными отходами и отработавшими ядерными материалами, их утилизация и захоронение на 1996-2005 годы» (Постановление Правительства РФ № 1030 от 23.10.95., г. Москва). Одним из основных компонентов ПТС АЭС с ВВЭР-1000 осуществляющих ПРТС работы с ОТВС (рис.1.) является мостовая электриче-

ский кран кругового действия грузоподъемностью (г/п) 320+160/2770т (полярный кран).

Безопасность предлагается понимать не как полное отсутствие опасности, а пребывание анализируемой системы в условиях несущественного,

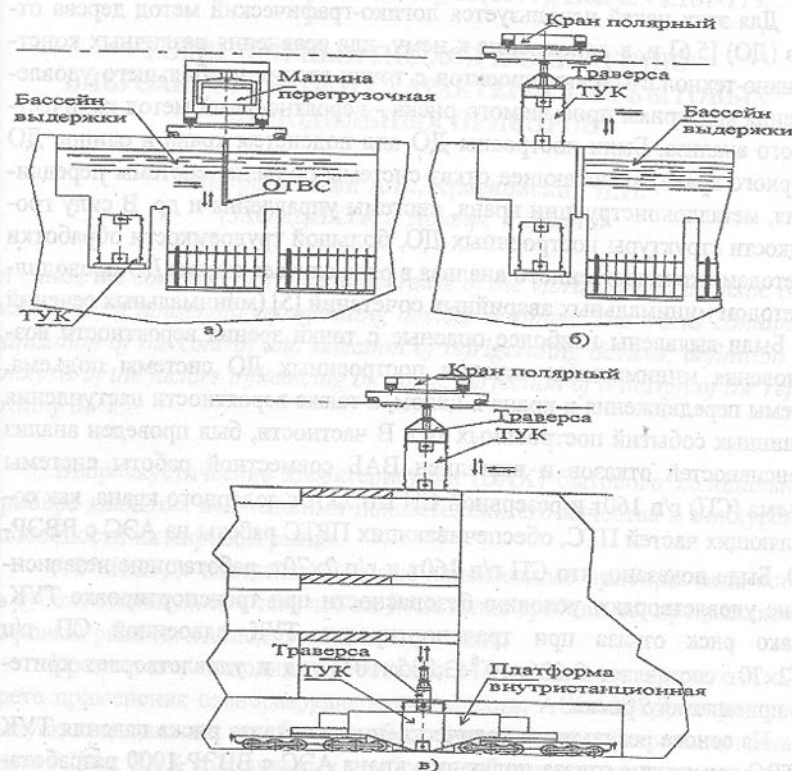


Рис.1. ПРТС работы с ОТВС: а) установка ОТВС в ТУК; б) извлечение ТУК из колодца бассейна выдержки; в) установка ТУК на платформу внутристанционную.

приемлемого риска [2,3] определяемого на основе ВАБ [1, 6] между пренебрежимым и чрезмерным риском. В соответствии с требованиями ОПБ-88 (ПН АЭ Г-1-011-89) вероятность аварийного отказа (риск) как самого крана, так и повреждения им ядерного оборудования за счет падения транспортного упаковочного комплекта (ТУК) с ОТВС весом 120т не должно превышать 10^{-5} на кран в год.

Для проведения ВАБ полярного крана необходимо наличие статистической информации по авариям и отказам элементов крановых конструкций. Собрана база данных по интенсивностям отказов ряда конструк-

тивных и механических элементов крана.

При анализе сложных технологических систем, таких как полярный кран, необходимо выявить причинно-следственные связи между случайными локальными событиями, возникающими с различной частотой на разных стадиях возможного аварийного процесса.

Для этих целей используется логико-графический метод дерева отказов (ДО) [5,6] и, в дополнение к нему, для сравнения различных конструктивно-технологических проектов с точки зрения наибольшего удовлетворения критериям приемлемого риска - вероятностный метод количественного анализа. Были построены ДО для подсистем крана и единое ДО полярного крана, включающее отказ системы подъема, системы передвижения, металлоконструкции крана, системы управления и др. В силу громоздкости структуры построенных ДО, большой трудоемкости обработки ее методами количественного анализа в ряде случаев анализ ДО проводился методом минимальных аварийных сочетаний [5] (минимальных сечений [4]). Были выявлены наиболее опасные с точки зрения вероятности возникновения минимальные сечения построенных ДО системы подъема, системы передвижения и крана в целом, а также вероятности наступления вершинных событий построенных ДО. В частности, был проведен анализ интенсивностей отказов и выполнен ВАБ совместной работы системы подъема (СП) г/п 160т и резервной СП г/п 2×70т полярного крана, как составляющих частей ПТС, обеспечивающих ПРТС работы на АЭС с ВВЭР-1000. Было показано, что СП г/п 160т и г/п 2×70т, работающие независимо, не удовлетворяют условию безопасности при транспортировке ТУК. Однако риск отказа при транспортировке ТУК сдвоенной СП г/п 160/2×70т составляет $2,626 \times 10^{-6} + 3,835 \times 10^{-5}$ /год и удовлетворяет критерию приемлемого риска.

На основе результатов количественного анализа риска падения ТУК с ОТВС вследствие отказа полярного крана АЭС с ВВЭР-1000 разработаны рекомендации по резервированию ряда конструктивных элементов и подсистем крана. Работа проведена в рамках развития анализа ПРТС работ в условиях отечественной практики разработки ПТС.

Список литературы: 1. Вероятностный анализ запроектных аварий Ростовской АЭС. - М.: Министерство атомной энергетики и промышленности СССР. Всесоюзный государственный научно-исследовательский проектно-конструкторский и исследовательский институт Атомэнергопроект, 1990. - 453с. 2. Елагин Ю.П. Понятие «безопасность». Атомная энергия, Т80, вып. 6, июль 1996. - С. 415-420. 3. Радиация. Дозы, эффекты, риск. - М.: Мир, 1988. - 79с. 4. Нормы расчета надежности систем важных для

безопасности АС на этапе проектирования. - М.: Госатомэнергонадзор, 1988. - 131с. 5. Хенли Э.Дж., Кумamoto Х. Надежность технических систем и оценка риска: Пер. с англ. В.С. Сыромятникова. - М.: Машиностроение, 1984. - 528с., ил. 6. Sind die Behälter für den Transport von Brennelementen sicher? Atom + Strom, Jg.23(1977), Heft 6. - s.161-179.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К СНИЖЕНИЮ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЫТОВЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Шкуропатский А.В., Красновский И.Н.
(ЗАО «ДИХТ», г. Донецк, Украина)

In clause the complex approach to decrease of the vibrating and acoustic characteristics of household refrigerating devices is stated. The works contain organization of the control and selection of refrigerating devices, definition and analysis of the factors influencing on noise, perfection of a design of the refrigerating device.

Виброакустические характеристики (ВАХ) бытового холодильного прибора являются важнейшими показателями его качества и конкурентоспособности на мировом рынке.

АО «НОРД» поставляя бытовые холодильные приборы типа «стол» за рубеж, столкнулось с тем, что их ВАХ выше требований предъявляемых мировым рынком к холодильникам этого типа.

Кроме того, выполняя требования Монреальского протокола о запрете применения озоноразрушающих веществ, АО «НОРД» перешло на выпуск холодильных приборов работающих на озонобезопасном хладагенте R134a. ВАХ холодильных приборов работающих на этом хладагенте выше, чем у холодильников, работающих на традиционно применяемом хладагенте R12. Это связано с теплофизическими и термодинамическими свойствами нового хладагента и совместимого с ним масла.

Выполняя требования зарубежного заказчика по снижению ВАХ холодильных приборов в АО «НОРД» и ЗАО «ДИХТ» была разработана комплексная программа работ. Программой были определены четыре основных направления:

- организация контроля и отбора холодильных приборов по ВАХ, соответствующих требованиям заказчика, на стадии приемосдаточных испытаний;

- выполнение комплекса работ по определению и анализу факторов влияющих на шум холодильных приборов;
- совершенствование конструкции холодильного прибора;
- совершенствование конструкции компрессора, как основного источника шума и вибрации.

В соответствии с программой в АО «НОРД» внедрена система акустической диагностики компрессоров и холодильных приборов. Система включает:

- камеру акустической диагностики компрессоров;
- камеру акустической диагностики холодильных приборов;
- методики испытаний компрессоров и холодильных приборов;
- контрольно-измерительные приборы.

В результате эксплуатации системы был прекращен доступ на рынок холодильников с ВАХ не удовлетворяющих требованиям заказчика.

В рамках выполнения работ по совершенствованию конструкции холодильного прибора были изучены конструкции холодильников типа «стол» зарубежного производства и характеристики комплектующих их компрессоров. Проведен анализ и обобщение отбракованных по шуму холодильников. Установлено, что на ВАХ холодильных приборов влияет способ крепления компрессора к опоре холодильника, жесткость амортизаторов, способ крепления конденсатора к шкафу, конструкция конденсатора, количество хладагента заправляемого в агрегат, соответствие производительности компрессора объему холодильного прибора.

На основании проведенного анализа был намечен и выполнен комплекс исследовательских и опытно-конструкторских работ направленных на снижение ВАХ холодильного прибора. В ходе работ по мере получения положительных результатов и с учетом технико-экономической целесообразности конструктивные усовершенствования внедрялись в производство.

В рамках выполнения работ по совершенствованию конструкции компрессора была определена взаимосвязь ВАХ компрессора с его механическими газодинамическими и электрическими параметрами. Был выявлен ряд факторов приводящих к повышенным ВАХ компрессора: сбалансированность механизма движения, качество заливки ротора электродвигателя, способ посадки ротора на вал, величина тока электродвигателя. На этой основе разработаны и выполнены мероприятия по модернизации серийно выпускаемых компрессоров и созданию компрессора с необходимой производительностью для холодильных приборов типа «стол».

В результате выполнения комплексной программы уровень ВАХ холодильных приборов АО «НОРД» был доведен до уровня требований мирового рынка.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ТЕХНОГЕННОЙ ОПАСНОСТИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Шмандий В.М. (КремГПИ, г. Кременчуг, Украина)

The author proposes the method of determination the degree of technogene danger of industrial enterprises taking into account the influence on environment the unhealthy substances which contain in waste products and throw into atmosphere and water. This method is used for machine-building plants.

В крупных промышленных центрах довольно часто представлены предприятия различных отраслей. Актуальным является определение антропогенного воздействия их на окружающую среду. Следовательно, возникает вопрос ранжирования этих предприятий по степени техногенной опасности с целью определения приоритетности и временной последовательности осуществления мероприятий, обеспечивающих снижение антропогенной нагрузки в целом на промышленный регион.

В процессе производственной деятельности предприятий образуются вредные вещества, выбрасываемые в атмосферный воздух, сбрасываемые в водный бассейн и попадающие в составе отходов производства в почву. Следовательно, загрязняются все основные компоненты биосферы: атмосфера, гидросфера, литосфера. Безусловно, загрязнение одного из указанных составляющих биосферы сказывается на других. Так, поступившие в атмосферу ингредиенты осаждаются или посредством осадков попадают в воду и почву. Размещенные на земельных угодьях отходы смываются в открытые водоемы, а также просачиваются в водоносные горизонты.

К сожалению, большинство исследователей занимаются конкретными вопросами уменьшения загрязнения одного из компонентов биосферы: предлагаются технологии пылеулавливания и газоочистки, проводятся работы по уменьшению сбросов в водный бассейн, разрабатываются малоотходные технологии и способы переработки и утилизации отходов. Существующие методики определения экологического влияния предприятия применимы для анализа загрязнения либо атмосферного воздуха, либо водного бассейна, либо почвы [1,2]. В некоторых из них учитываются параметры источников выбросов и сбросов, места расположения предпри-

ятий, характеристики бассейнов сбросов и мест размещения отходов, территориальные социально-экономические особенности регионов и др. Труднодоступность некоторых параметров и громоздкость расчетов затрудняет их использование.

На наш взгляд, при определении степени техногенной опасности предприятий необходим комплексный подход, позволяющий наиболее полно и всесторонне учесть антропогенное влияние на все компоненты биосферы. С этой целью введем комплексный показатель T техногенного влияния предприятия на окружающую среду:

$$T = \sum_{i=1}^N \alpha_i M_{ia} + \sum_{j=1}^m \beta_j M_{jc} + \sum_{k=1}^L \gamma_k M_{ko}$$

где α, β, γ - коэффициенты влияния на окружающую среду единицы массы определенного ингредиента соответственно в выбросах в атмосферу, в сбросах в водный бассейн, в отходах; $1/m$,

M_{ia}, M_{jc}, M_{ko} - годовые массы определенных ингредиентов, содержащихся соответственно в выбросах в атмосферу, в сбросах в водный бассейн, в отходах; m ,

i, j, k - индексы, нумерующие ингредиенты, содержащиеся соответственно в выбросах в атмосферу, в сбросах в водный бассейн, в отходах,

N, L, M - количество ингредиентов, содержащихся соответственно в выбросах в атмосферу, сбросах в водный бассейн, в отходах.

Коэффициенты α, β, γ характеризуют степень отрицательного влияния конкретных ингредиентов на здоровье людей, объекты жилищно-коммунального хозяйства (жилой фонд, городской транспорт, зеленые насаждения и др.), сельскохозяйственные угодья, водные, рыбные, лесные и рекреационные ресурсы, основные фонды промышленности и транспорта. При определении их числовых значений использованы данные [3].

Предложенная выше методика использована для анализа техногенной опасности машиностроительных и металлообрабатывающих заводов левобережной части г. Кременчуга (автомобильный - КрАЗ, колесный - КрКЗ, дорожных машин - Кредмаш, коммунального оборудования - ЗКО, опытный экспериментально-механический - КОЭМЗ, ремонтно-механический - РМЗ). Характеристика загрязнения окружающей среды этими предприятиями представлена в табл.1.

Используя, конкретные данные по всем ингредиентам, присутствующим в выбросах, сбросах и отходах, при помощи выше приведенной формулы определены значения комплексного показателя T техногенного влияния предприятий, а также показатели техногенного влияния на различные компоненты среды (T_a - на атмосферный воздух, T_c - на водный бассейн, T_o - отходов). Результаты расчетов приведены в табл.2.

Таблица 1 - Годовые количества вредных веществ в тоннах.

Наименование предприятия	Выбросы в атмосферу	Сбросы в водный бассейн	Образующиеся отходы	Суммарное количество вредных веществ
КОЭМЗ	18,1	0,1	64880,0	64898,2
КрАЗ	392,1	55,1	5702,0	6149,2
Кредмаш	318,0	9,3	2820,0	3147,3
КрКЗ	272,3	14,9	1664,0	2085,2
ЗКО	3,8	0,2	8,6	12,6
РМЗ	0,6	0,1	0,5	1,2

Таблица 2 - Значение показателей техногенного влияния предприятий на окружающую среду.

Наименование предприятий	T_a	T_c	T_o	T	T'
КрАЗ	3085	8740	166247	178072	13072
КОЭМЗ	196	52	13306	13554	13024
КрКЗ	3055	2286	466	5807	5807
Кредмаш	1507	1320	7387	10214	3394
ЗКО	38	31	291	360	85
РМЗ	>1	13	>1	13	13

Под T' в табл.2 подразумеваются значения комплексного показателя техногенного влияния предприятий без учета промышленных отходов I класса токсичности. К этому классу относятся ртутьсодержащее оборудование и приборы. Это, как правило, люминесцентные лампы, их количество не учитывается в табл.1 в общей массе отходов. К тому же, в Кременчуге отрегулирован вопрос их сбора и утилизации.

Из сравнения данных табл.1 и табл.2 видно, что ранжирование предприятий по количеству вредных веществ и по комплексному показателю воздействия существенно отличаются. Последнее более объективно отражает реальную ситуацию загрязнения окружающей среды. Отмеченное отличие объясняется тем, что в выбросах, сбросах и отходах разных предприятий присутствуют, ингредиенты существенно отличающиеся по степени воздействия на экобиосферу, и значительные количества малотоксичных вредных веществ не всегда "перевешивают" по влиянию на окружающую среду существенно меньшие по массе количества чрезвычайно опасных ингредиентов.

На основании приведенных исследований в г. Кременчуге разработана система реализации средоохранительных мероприятий.

Список литературы: 1. Шмандий В.М. и др. Сравнительный анализ воздействия промышленных предприятий региона на окружающую среду.- М.: Гидрометеоиздат, ВДНХ СССР, 1988.- 7с. 2. Маслов В.Е., Шмандий В.М. Оценка антропогенного загрязнения окружающей среды промышленных центров.- К.: Общество знания УССР, 1998.- 15 с. 3. Базові нормативи плати за забруднення навколишнього природного середовища України.- К.: Мінекобезпеки України, 1995.- 8 с.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ СТОКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Шмандий В.М., Ткачев Ю.Н.

(Институт экономики и новых технологий, г. Кременчуг, Украина)

Toxic waste water is produced at the machine-building enterprise. Some measures were developed as to their neutralizing and precipitation of heavy metals. A possibility of usage the sediments as mineral fertilizers is being discussed.

При обработке заготовок, даже на современном оборудовании, образуются отходы, которые необходимо складировать, захоронять, перерабатывать, использовать в других отраслях промышленности. Для этого требуются значительные финансовые расходы, отторжение земельных угодий и тому подобное.

В технологическом цикле машиностроительного предприятия для охлаждения различных узлов и деталей машин и механизмов, транспортирования отходов используется вода. Ввиду multifunctionality воды, сточные воды большинства таких предприятий, являются весьма токсичными. Поэтому без очистки они не могут быть направлены в городскую канализацию или водоем. Частным примером может служить Крюковский вагоностроительный завод. В производственных стоках содержится большое количество взвешенных частиц, кислот, щелочей, нефтепродуктов, соединений тяжелых металлов. Их очистка осуществляется в основном и физико-химическими методами. В отстойниках станции нейтрализации производится нейтрализация и окисление стоков. Химическая очистка, также, находит применение и как метод глубокой очистки для дезинфекции, обесцвечивания, извлечения различных компонентов, таких как соединения хрома, меди, никеля, цинка, кадмия, железа. Количество образующегося осадка в год составляет 31622 кг при годовом сбросе 87840 м³.

Невозможность полного осветления нейтрализованных стоков обусловлена наличием неосаждающейся устойчивой тонкодисперсной взвеси.

Для механического обезвреживания осадков химически загрязненных сточных вод целесообразно использовать барабанные вакуум фильтры типа БОУ-5-1,75. Они относятся к механизмам непрерывного действия, где горизонтально расположенный барабан частично нагружен в специальное устройство со шламовой суспензией.

В таблицах 1 и 2 представлены результаты по обработке кислотнo-щелочных сточных вод и хромсодержащих сточных вод. В числителе — характеристика поступающих на очистку вод, в знаменателе — характеристика вод после очистки.

Таблица 1 - Характеристика поступающих и очищенных кислотнo-щелочных сточных вод.

Характеристика сточных вод											
pH	Взвешенные вещества мг/л	железо мг/л	алюминий мг/л	цинк мг/л	никель мг/л	кадмий мг/л	медь мг/л	сухой остаток мг/л	нефтепродукты мг/л	сульфаты мг/л	хлориды мг/л
2,5-10	9-50	0,8-1,4	0,008-0,014	0,012-0,020	0,05-0,15	0,006-0,01	0,18-0,36	700-1000	0,2-0,9	120-155	210-270
6,5-8,5		0,25-0,30	0,005-0,01	0,008-0,01	0,07-0,01	0,003-0,005	0,00-6-0,01	500-700	0,04-0,2	60-100	200-70

Таблица 2. - Характеристика поступающих и очищенных хромсодержащих сточных вод.

pH	Взвешенные вещества мг/м	Хром шестивалентный мг/л	Хром трехвалентный мг/л	Сухой остаток мг/л	Хлориды мг/л	Сульфаты мг/л
7,0-8,0	10-50	10-70	1-3	400-600	160-220	140-230
7,5-8,5	5-10	не более 0,05	0,2-0,5	300-500	100-180	120-180

Полученные результаты по обработке промышленных сточных вод позволяют судить о том, что концентрация тяжелых металлов в очищенной воде не превышает их предельно-допустимых концентраций, установленных для сброса в водоем.

Дальнейшие исследования были направлены на изучение свойств образовавшегося осадка в отстойниках. В настоящее время получены предварительные данные бактериологического анализа шламовой пробы, содержащей нефтепродукты.

1. В шламовой пробе были обнаружены единичные экземпляры представителей родов денитрифицирующих бактерий - *Pseudomonas* и *Bacillus*, а также "не редко" - до 50 экземпляров в поле зрения (по Шкале Остенфельда, 1978) окисляющая полужидкие нормальные парафины бактерия из рода *Parasoccus*.

2. В соответствии с методами общепатриологического анализа было установлено общее микробное число пробы:

$$\sim Nm_3 = 47 \text{ (texr = 3 сут)}$$

$$\sim Nm_5 = 132 \text{ (texr = 5 сут)}$$

Величины общемикробного индекса и титра были определены с использованием метода мембранных фильтров и составили соответственно:

$$\sim Midx \frac{3}{5} = 313,3/880 \text{ и } \sim Mt \frac{3}{5} = 319/1,14$$

Настоящие данные свидетельствуют о том, что выявленная численность и качественный состав обнаруженных микроорганизмов не влияют на процессы окисления исследуемой рабочей жидкости и отсутствует патогенная микрофлора.

После проведения окончательных анализов можно будет судить о дальнейшем применении шламов или их захоронении.

Список литературы: 1. Луценко Г.Н., Цветкова А.И., Сверлов Н.Т. Физико-химическая очистка городских сточных вод. М., Стройиздат, 1984. 2. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В. Очистка производственных сточных вод, М., Стройиздат, 1985. 3. Краткий определитель бактерий Берги. М., Мир, 1980.

ОПОРЫ СКОЛЬЖЕНИЯ МАШИН - СЛОЖНЫЕ ТЕРМОУПРУГОДИНАМИЧЕСКИЕ ТРИБОСИСТЕМЫ*

Щедролосев Д.Е. (ХГПИ, г. Херсон, Украина)

The characteristics of supports slading of machine as termoelastohydrodynamic tribosystems are considered.

Общеизвестно, что рабочими характеристиками опор скольжения машин являются зависимости коэффициента трения f от безразмерного параметра $\mu v/p$ и безразмерного параметра несущей способности $P\psi^2/\mu l$ от относительного эксцентриситета $\chi = e/\delta$ (μ - динамическая вязкость смазки, v - скорость скольжения, p - осредненное давление, равное значению P/Dl , P - величина нагрузки, D , l - соответственно диаметр и длина опоры (подшипника), $\psi = (D-d)/D$ - относительный зазор, d - диаметр вала (шейки, цапфы), e - эксцентриситет вала в подшипнике, $\delta = (D-d)/2$ - радиальный зазор).

В научно-технической и учебной литературе эти зависимости широко распространены уже многие десятилетия и используются также и в качестве паспортов для проверки и оценки результатов собственных исследований.

Критическая оценка рекомендаций, вытекающих из этих характеристик, даны в последние годы [1, 2, 3].

Рассмотрим характеристику $f = f(\mu v/p)$ которую вполне обоснованно называют диаграммой состояния или паспортом подшипника.

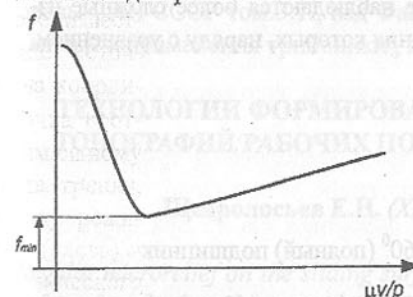


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения f в подшипнике скольжения от характеристики режима работы $\mu v/p$.

До 70-х годов все известные научно-технические источники утверждали, что на координате параметра $\mu v/p$ точка соответствующая f_{min} - минимальному значению коэффициента трения, является границей между режимом граничного трения (слева) и режимом гидродинамического трения (справа). В 70-е годы в Украине было установлено [2], что на координате значений $\mu v/p$ слева от точки f_{min} имеет место граничное трение, а справа режим граничного и рубежного гидродинамического трения и лишь когда параметр $\mu v/p$, соответствующий значению f_{min} , станет на 20-25 % больше начинается переход рубежного гидродинамического трения в гидродинамическое трение. Через несколько лет к подобному заключению пришел Д. Мур [4] в Англии. Утверждение же о том, что параметр $\mu v/p$ обладает автоматичностью и способствует устойчивости работы подшипника (например при повышении скорости скольжения v повышается температура смазочного слоя уменьшая значение μ , а произведение μv будет относительно стабильным) справедливо лишь с качественной стороны. Данные количественной оценки говорят о том, что с рос-

том окружной скорости скольжения нагрузочная способность существенно снижается [2].

Рабочая характеристика $P\psi^2/\mu v$ от χ , как известно, получена многими авторами (рис.2) при решении основного уравнения теории гидродинамической смазки - уравнения Рейнольдса - в предположении, в частности, что при приложении нагрузки трибосистема шип-подшипник остается абсолютно жесткой, сопряженные тела имеют правильную цилиндрическую форму (значение $\psi = const$).

При этом допущении получается, что при значениях относительного эксцентриситета χ близких к 1, безразмерный параметр нагрузочной способности $P\psi^2/\mu v$ стремится к бесконечности. Другими словами при низких положениях шипа в подшипнике ($\chi \rightarrow 1, h_{min} \rightarrow 0$) может быть реализована большая нагрузочная способность не соответствует опыту, практике работы опор скольжения. Предположение о $\psi = const$ не отвечает действительной физики явлений, происходящих в несущем смазочном слое опоры скольжения. Непосредственные замеры формы и размеров смазочной прослойки, распределения температур и давлений в ней [3] показывают, что в нагруженном смазочном слое наблюдаются более сложные изменения рабочих параметров, для описания которых, наряду с уравнением,

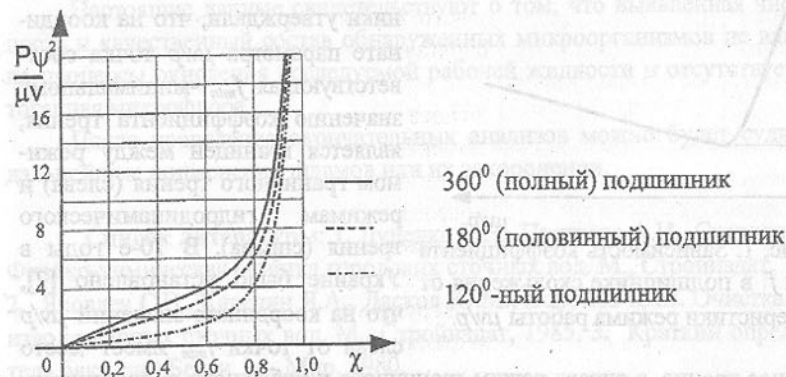


Рис. 2. Зависимость безразмерного параметра $P\psi^2/\mu v$ от относительного эксцентриситета χ при $\psi = const$ и отсутствии торцевого истечения.

описывающим течение смазки в несущем смазочном слое, трущиеся поверхности которых вследствие упругой податливости практически эквидистантны, необходимо совместно решать уравнение, описывающее изменение в пределах упругости формы и размеров зазора и температуры смазки в зазоре. В настоящее время поправки на эти изменения найдены экспериментально. На следующем этапе термоупругогидродинамическую задачу

для подшипников скольжения хотя бы приближенно можно решить аналитически. Актуальность решения этой задачи очевидна при практическом анализе рабочей характеристики $P\psi^2/\mu v$ от χ . Действительно, из данных опытов следует, что при $P=0$, значение $\psi=\psi_0$, а при $P=P_{max}$, значение $\psi=\psi=0$. При $v \rightarrow 0$, $\mu=\mu_{max}$, а при $v=v_{max}$, $\mu=\mu_{min}$ ($\mu_{min} \rightarrow 0$). С учетом действительных значений величин входящих в параметр $P\psi^2/\mu v$ и в числителе и в знаменателе есть область значений $P\psi^2$ и μv , отличных от нуля, которые и определяют действительную нагрузочную способность опоры скольжения.

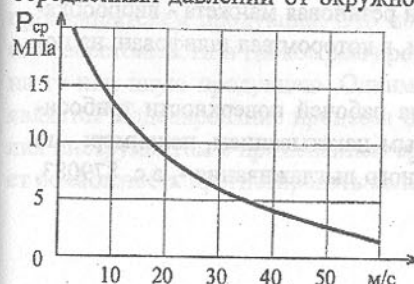
Список литературы: 1. Снеговский Ф.П. Оценка некоторых расчетных методик для подшипников скольжения. В книге Конструирование и технология машиностроения под ред. Снеговского Ф.П. Машгиз, М-К, 1961, 265с. 2. Снеговский Ф.П. Расчет и конструирование подшипников скольжения. Техника, К, 1974, 100с. 3. Снеговский Ф.П. Исследование новыми способами и устройствами рабочих параметров узлов трения. Труды международной научной конференции "Трение, износ и смазочные материалы", АН СССР том.3.1., изд. Фан, Ташкент, 1985, с75-81. 4. И. Д. Мур, Основы и применения трибоники., изд. Мир., М., 1978, 487с.

ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТОПОГРАФИЙ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРИБОСИСТЕМ

Щедролосьев Е.Н. (ХТПИ, г. Херсон, Украина)

Regular microrelief on the sliding surface of tribosystem provide the increase safety of work of machines and reduction energetic expenditures on friction.

Режимные параметры опор скольжения как трибосистем с гладкими рабочими поверхностями в широком режимном диапазоне по нагрузкам (до 20,0 МПа) и окружными скоростями скольжения (до 60,0 м/с) установлены впервые в Украине академиком Снеговским Ф.П. [1]. Зависимость осредненных давлений от окружной скорости скольжения в подшипнике приведена на графике.



Как видно из графика, нагрузочная способность таких трибосистем в режиме гидродинамического трения возможна при вполне определенных сочетаниях величин осредненных давлений и окружных

скоростей скольжения. С ростом окружных скоростей скольжения нагрузочная способность снижается и при скорости скольжения 60 м/с она составляет всего 1,0...1,3 МПа. Причиной снижения нагрузочной способности является недостаточный теплоотвод от нагруженных зон. Энергетические затраты на трение характеризуются коэффициентом трения, равным 0,001...0,003.

Новые технологии [2,3] формирования топографии - *регулярного микрорельефа* - на подвижной поверхности трения трибосистем позволяют за счет повышения циркуляции смазочно-охлаждающего материала через несущие зоны существенно снизить их теплонапряженность и при скоростях скольжения в диапазоне 20,0...60,0 м/с повысить нагрузочную способность в 1,5...2,0 раза. Энергетические растраты на трение соответственно снижаются в 1,5...2,0 раза.

Применение этих конструкторско-технологических разработок к различным трибосистемам дает положительные результаты. Испытывались трибосистемы цилиндр-поршень дизельных двигателей, на зеркала цилиндров которых был нанесен регулярный микрорельеф ($h = 12...15$ мкм, $R = 600...800$ мкм). Продолжительность испытаний - 1000 часов работы двигателя. По сравнению с аналогом, износ цилиндров с регулярным микрорельефом уменьшился более чем в два раза. Уменьшился удельный расход топлива. Износ поршня и колец, угар масла остались на прежнем уровне.

Значительный практический интерес представляет трибосистема манжетное уплотнение-вал. Многими опытами установлено, что оптимальной чистотой поверхности является обработка V8, V9 при твердости рабочей поверхности вала HRC 50...60. Однако, и в этом случае срок службы сопряжения ограничен и утечки смазочного материала по времени становится все заметнее. При нанесении на рабочую поверхность вала регулярного микрорельефа картина заметно меняется в лучшую сторону. Каналы микрорельефа при этом можно выполнить таким образом, чтобы смазочный материал, находясь между валом и манжетой, мог вытекать только обратно в картер. Срок службы таких трибосистем, работающих, как правило, в жидкостном режиме трения, значительно возрастает (в 3...4 раза). Потери же на трение в сопряжении резиновая манжета - виброобкатанный вал по сравнению с сопряжением, в котором вал шлифован, на половину меньше.

Микрорельеф нужного профиля на рабочей поверхности трибосистемы может быть нанесен вибрационным накатыванием, например: по а.с. 703317 - Устройство для вибрационного выглаживания -, а.с. 879083,

1066785, 1077765 - Устройства для обработки поверхностей деталей, - разработанных в Украине.

Список литературы: 1. Снеговский Ф.П. Экспериментальное определение режимных возможностей существующих и новых конструкций подшипников скольжения жидкостного трения. Сб. Теория трения и износа. АН СССР, Изд. Наука, М, 1965, с 185-190. 2. Снеговский Ф.П. Состояние и перспективы повышения надежности и долговечности машин. В кн. Материалы 1-ой научно технической конференции НИИПТМАШ, Краматорск, 1968, с 28-35. 3. Снеговский Ф.П. Макро и микропрофилирование подвижных поверхностей трения - способ повышения несущей способности при жидкостном и срока службы при граничном трении. Тезисы докладов Всесоюзной научно технической конференции. Современные проблемы триботехнологии. НКИ, Николаев, 1988, с 23-25.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗДЕЛИЯ ИНСТРУМЕНТОМ ДИСКОВОГО ТИПА

Юнусов Ф.С., Чемборисов Н.А., Ступко В.Б. (КГТУ, г. Казань, Россия)

In the report the questions of modelling the process of processing of a screw surface of a part by the disk tool are considered, the mathematical description of a technique of the decision of the above-stated task is present.

Изделия со сложными поверхностями нашли широкое применение во многих отраслях машиностроения. К ним относятся осевой режущий инструмент с винтовыми стружечными канавками и инструмент червячного типа, детали шариковинтовых передач автомобилей и металлорежущих станков, детали авиационной техники, медицинский инструмент, различная литейная и штамповая оснастка. Сложные поверхности обрабатываются режущими инструментами со сложным профилем образующей исходной инструментальной поверхности.

Настоящие экономические условия поставили новые задачи перед производителем продукции. Это повышение качества изделия, снижения его себестоимости и гибкое реагирование на изменение рыночного спроса на ту или иную продукцию. Одним из направлений решения этих задач является моделирование процесса обработки сложной поверхности изделия инструментом с применением средств компьютерной графики, что дает возможность прогнозировать явления подрезания или недореза, а также

выбрать оптимальные параметры установки режущего инструмента относительно заготовки.

При решении задачи имитации процесса обработки поверхности изделия фрезе вместе с системой $O_\phi X_\phi Y_\phi Z_\phi$ сообщается винтовое движение. При этом инструмент будет постепенно проходить сквозь плоскость сечения в котором определяется профиль детали. Поверхность инструмента рассекается плоскостями, перпендикулярными оси изделия. Получаемые кривые отражают процесс съема материала заготовки в ходе обработки канавки.

Методика решения задачи формообразования сложной поверхности резанием заключается в следующем:

- поверхность инструмента рассекается плоскостями параллельными его оси, расстояние между которыми выбирается с учетом расположения мгновенной линии контакта поверхностей режущего инструмента и заготовки - характеристики (рис. 1);
- линии пересечения поверхности инструмента плоскостями параллельными его оси проецируются по винтовой линии на торцовое или осевое сечение детали (в зависимости от вида заданного сечения детали), в результате чего образуется семейство кривых;
- огибающая к полученному семейству кривых будет профилем детали, который сравнивается с заданным.

Исходными данными при решении являются:

- a_w - межосевое расстояние;
- $R_{\phi i}, z_{\phi i}$ - координаты точек профиля фрезы;
- ε - межосевой угол.

Координаты точек фрезы в инструментальной системе координат $O_\phi X_\phi Y_\phi Z_\phi$ будут определяться по следующей системе уравнений

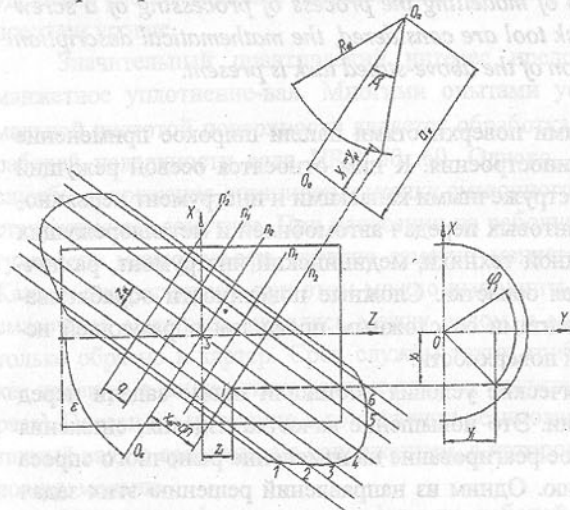


Рис. 1. Схема решения задачи формообразования.

$$\begin{cases} x_{\phi i} = qn; \\ y_{\phi i} = a_w - R_{\phi i} \sqrt{1 - \left(\frac{x_{\phi i}}{R_{\phi i}}\right)^2}; \\ z_{\phi i} = z_{\phi i}, \end{cases} \quad (1)$$

где q - расстояние между соседними плоскостями параллельными оси режущего инструмента; n - порядковый номер сечения.

Систему уравнений, описывающих координаты точек в n -ом сечении инструмента в системе координат заготовки ($OXYZ$) можно получить с помощью операции преобразования координат

$$\begin{cases} x_i = x_{\phi i} \cdot \cos \varepsilon + z_{\phi i} \cdot \sin \varepsilon; \\ y_i = y_{\phi i}; \\ z_i = -x_{\phi i} \cdot \sin \varepsilon + z_{\phi i} \cdot \cos \varepsilon, \end{cases} \quad (2)$$

где x_i, y_i, z_i - координаты точек фрезы в системе координат заготовки.

Таким образом, придавая винтовое движение полученным точкам (x_i, y_i, z_i) в n -ом сечении инструмента и рассекая плоскостью $z=0$ в системе координат заготовки, можно получить проекцию точек на формируемое торцовое сечение заготовки, принадлежащих инструменту в n -ом сечении.

Система уравнений, описывающих координаты проекций точек в n -ом сечении инструмента на торцовое сечение детали

$$\begin{cases} x'_i = x_i \cdot \cos \varphi_i + y_i \cdot \sin \varphi_i; \\ y'_i = x_i \cdot \sin \varphi_i + y_i \cdot \cos \varphi_i; \\ z'_i = z_i + P_\phi \cdot \varphi_i, \end{cases} \quad (3)$$

где x'_i, y'_i, z'_i - проекции точек профиля инструмента в n -ом сечении на торцовую плоскость детали;

$\varphi_i = -z_i/P_\phi$ - угол винтового проецирования, P_ϕ - винтовой параметр.

Таким образом, полученные формулы осуществляют преобразование координат точек профиля дисковой фрезы в координаты точек поверхности винтовой канавки. При этом отпадает необходимость в выводе характеристического уравнения линии контакта поверхностей инструмента и заготовки, которое в большинстве случаев бывает трансцендентным. Достаточно указать интервалы варьирования независимых параметров и описать сечение инструмента.

Полученное семейство кривых в торцовом сечении заготовки характеризует снятие припуска и огибающая к полученному семейству кривых будет являться профилем детали в торцовом сечении.

ОЧИСТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖИДКИХ ОТХОДОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Яценко А.М., Шмандий В.М. (Кременчугский государственный политехнический институт, г. Кременчуг, Украина)

For reduce antropogene lead on environment method processing liquid waste products machine-building enter prises with help of sorbent with the waste products and work out proposal of using waste products in concrete mixture and safeguarding technogene security offer.

Известно, что отходы производства не являются неизбежностью. Их количество и номенклатура зависят от научно-технической обеспеченности технологических процессов. Машиностроительная отрасль характеризуется довольно широким спектром отходов, а также разнообразностью их агрегатного состояния. В настоящей работе рассмотрим отходы жидкой фазы.

В качестве жидких отходов машиностроительных предприятий образуются сточные воды следующих производств:

- гальванических участков, содержащих ионы тяжелых металлов (ИГМ) - хрома, меди, цинка, никеля, кадмия,
- концентрированные отработанные растворы от обработки поверхности черных металлов и сплавов растворами минеральных кислот — отработанные травильные растворы (ОТР), содержащие водорастворимые соли железа и не прореагировавшие кислоты,
- растворы смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), образующихся в процессах обработки металлов резанием, шлифованием и другими операциями, СОЖ содержат смазочные масла и специальные добавки,
- отработанные растворы от промывки деталей методами обезжиривания, эти растворы содержат эмульгированные частицы смазочных и жировых материалов, а также поверхностно-активные вещества (ПАВ).

Разработан ряд способов переработки сточных вод [1], однако, они отличаются высокой энергоемкостью (процессы термического разложения и электрокоагуляции сточных вод), либо высоким расходом химических реагентов (способы и процессы реагентной очистки стоков), либо применением дефицитных материалов и сорбентов (сорбционные и мембранные процессы очистки). При этом извлекаемые из сточных вод влажные шламы практически полностью направляются в отвалы, под которые необходимо отводить земельные угодья.

Поэтому, с нашей точки зрения, учитывая дефицит материалов и энергии, целесообразно использовать способы очистки, основанные на применении дешевых материалов и реагентов, полученных на основе вторичных продуктов и отходов производства.

Особую сложность в переработке сточных вод представляют стойкие эмульсии отработанных СОЖ и растворов от промывки деталей. Методами коагуляции и электрокоагуляции удается уменьшить концентрацию масел и нефтепродуктов до 1000-1200 мг/л, а дальнейшая обработка вод требует значительных затрат энергии и времени. Поэтому, на наш взгляд, более эффективным способом переработки сточных вод является их очистка на сорбентах из отходов производства.

Авторами разработана технология получения сорбента из лигноцеллюлозных отходов промышленности и сернокислотных отходов химических производств [2]. Модифицируя полученный сорбент по специальной технологии, можно придать ему селективные свойства, например, поглощать преимущественно ИГМ, или масла и нефтепродукты (табл.1).

Таблица 1 - Характеристика эффективности поглощения загрязнений из сточных вод на сорбентах из отходов производства.

Наименование сточных вод	Поглощающая способность сорбентов				
	МГ-экв/г сорбента			МГ загрязн/г сорбента	
	хром	никель	железо	нефтепродукты	масло из СОЖ
1. Гальванических участков	1,4	1,9	2,2	-	-
2. Участков травления	-	-	4,6	-	-
3. Механической обработки металлов	-	-	-	400	420
4. Обезжиривания поверхности металлов	-	-	-	620	200

Имеет смысл проанализировать различные методы очистки, в частности, реагентный и сорбционный. Из данных, приведенных в табл.2 видно, что реагентные методы очистки не обеспечивают такой полноты, как сорбентные способы. Конечная концентрация загрязнений в среднем в 10-12 раз меньше при применении сорбентов на основе отходов производства. При этом показано, что коагулянты неэффективно разрушают эмульсии СОЖ и нефтепродуктов. Сорбенты способствуют более эффективному разрушению стойких эмульсий.

Отработанные сорбенты далее могут быть использованы как компоненты для получения топливных брикетов. При этом теплота сгорания брикетов с продуктами сорбции нефтепродуктов на 10-15% выше, чем у

стандартных брикетов. Сорбенты с удаленными ИТМ при сторании образуют золы, обогащенные оксидами никеля, хрома и железа.

Таблица 2 - Сравнительная характеристика степени очистки сточных вод различными методами.

Наименование сточных вод	Наименование загрязняющего компонента	Концентрация загрязнителя		
		Начальная	Конечная	
			при реагентной очистке	при сорбционной очистке
1. Гальванического участка	хром МГ-экв/л	9,4	0,4	0,01
	никель ---"	8,7	0,2	0,03
	железо ---"	20,7	0,3	0,05
2. Участков травления	железо ---"	24,8	0,6	0,04
3. Механической обработки металлов	нефтепродукты мг/л	1900	900	20
	из них масла ---"	1100	420	13
4. Обезжиривание поверхности металлов	нефтепродукты и масла ---"	1600	1100	23
	смазки ---"	890	470	11

Примечание: для очистки сточных вод п.3 и 4 применялись химические коагулянты.

Существующие способы обработки сточных вод гальванических и травильных участков приводят к образованию влажных шламов, которые полностью удаляются в отвалы. Учитывая склонность ИТМ к образованию комплексных соединений с гидроксил-ионами и соединениями азота, можно ожидать распространения ИТМ в виде растворов на далекие расстояния от мест складирования.

Авторами разработан способ получения бетонных смесей с вовлечением в них отходов реагентной очистки сточных вод. В [3,4] показана возможность применения влажных шламов очистки стоков в качестве активных добавок к цементно-бетонным смесям в количестве 20-30 кг шлама на 1 м³ бетона.

Более эффективный способ переработки стоков травильных участков основан на получении отдельно высокоочищенных соединений железа и практически чистого сульфата кальция. Способ подробно описан в [5].

Исходя из всего вышесказанного можно отметить, что переработка жидких отходов машиностроительных предприятий позволяет значительно уменьшить антропогенную нагрузку на окружающую среду и при этом существенно облегчить работу как локальных очистных сооружений, так и

уменьшить нагрузку на городские очистные сооружения. Проиллюстрируем сказанное на примере г. Кременчуга, где на основных предприятиях (автомобильный, вагоностроительный, колесный заводы и АО "Кредмаш") в год образуется порядка 14250 м³ стоков гальванических участков и 16850 м стоков травильных участков.

Нами проведен расчет возможности утилизации влажных шламов в составе цементно-бетонных смесей, выпускаемых на предприятиях ПО "Кременчугжелезобетон" (табл.3).

Таблица 3 - Ориентировочный расчет возможностей использования шламов очистки стоков.

Виды бетонных изделий	Количество шламов водоочистки, т/год	
	Гальванические участки	Травильные участки
1. Монолитный железобетон (150000 м ³ /год)	3000	-
2. Блочные железобетонные изделия (170000 м ³ /год)		4200
3. Блочные бетонные изделия (20000 м ³ /год)	600	500
Всего:	3600	4700

Приведенные данные показывают, что в настоящее время в производство можно вовлечь 25-30% образующихся шламов. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в условиях Кременчуга целесообразно спроектировать предприятие по утилизации влажных шламов. В результате реализации такого проекта можно получить около 1 млн.шт. блочных бетонных изделий, которые найдут применение в строительстве малоэтажных хозяйственно-бытовых построек. Выпускаемые блоки могут заменить 6,5-7 млн.шт. силикатного кирпича в год.

Список литературы: 1. Костюк В.Н., Карнаух Г.С. Очистка сточных вод машиностроительных предприятий.- Киев.- Техника.- 1990 г., 120 с. 2. Ядвйчук І.О., Яценко О.М., Шмандий В.М. Спосіб одержання вуглецево-мінерального сорбенту. Патент на винахід, Держпатент України, 20730 А, дата подання 26.04.96, реєстр.номер заявки 96041665, дата видачі 07.10.97. 3. Яценко А.М., Шмандий В.М., Ткачев Ю.Н. и др. Исследование свойств бетонных смесей, приготовленных из отходов производства /в сб.научных трудов КГПИ, часть 1, г.Кременчуг, 1995 г., с.169-170. 4. Цаплина М.Е., Гусев М.В., Яценко О.М., Шмандий В.М., Ткачев Ю.М. Бе-

тонна суміш. Патент на винахід, Держпатент України, 21304 А, дата подання 20.03.96, регістр.номер заявки 96031066, дата видачі 02.12.97. 5. Яценко А.М., Моторин А.М., Сучков Н.А. Способ химической обработки деталей из черных металлов. А.С.СССР 1776700 кл.С23F1/90 заявление 25.02.91 г. опубликованное БН 43 23.11.1992 г.

ФОРМИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФАСОННОГО ЗЕНКЕРА С ВИНТОВЫМИ ЗУБЬЯМИ И КОНИЧЕСКОЙ СЕРДЦЕВИНОЙ

Яцун Е.И. (КГТУ, г. Курск, Россия)

It's the consideration of geometrical model of the shaped tool for machinability of the openings and the ways of raising of it's stability.

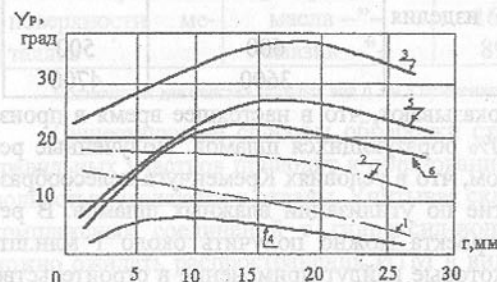
Для формирования оптимальной геометрической модели фасонного зенкера с винтовыми зубьями и конической сердцевинкой, сохраняющего свою режущую кромку на производящей поверхности на всех стадиях стачивания инструмента, необходимо соблюдать следующие условия:

1. Винтовую переднюю поверхность

формировать дисковыми инструментами со сферической производящей поверхностью поворотом вокруг центра сферы. Такая производящая поверхность дискового инструмента технологична. Условия формообразования винтовой поверхности сохраняются при любом радиусе производящей сферы. Обеспечить два параметра установки

(m, ψ_z) сферы для формирования винтовой передней поверхности, по сравнению с шестью теоретическими, очевидно проще [1].

Радиус сферы, которой принадлежит производящая поверхность дискового инструмента должен находиться в пределах от $R_{сф\ min} \dots 3,5 R_{сф\ min}$. Угол ψ_z , определяющий положение центров O и $O_{сф}$ систем координат зенкера



$$1-3 - \gamma_p = f(P); \quad 3,5 - \gamma_p = f(\gamma_m);$$

$$4-5 - \gamma_p = f(R_{сф}); \quad 5,6 - \gamma_p = f(\beta)$$

Рис.1. График изменения оценочных параметров лезвия - γ_p - вдоль режущей кромки фасонного зенкера в процессе его работы.

и сферы лежит в интервале $90^\circ \dots 110^\circ$. При соблюдении этих условий выполняются три условия формообразования винтовой передней поверхности.

Разработанный метод расчета режущей кромки и созданное программное обеспечение позволяет быстро произвести расчет координат точек кромки и вывести в графической форме результаты на экран дисплея в виде чертежа и графиков [2] (Рис.1).

Таблица 1 - Численные значения независимых параметров модели, мм.

	$R_{сф}$	P	γ_r	β
Кривая 1	55	50	16	10
Кривая 2	55	100	16	10
Кривая 3	55	150	16	10
Кривая 4	35	150	2	10
Кривая 5	55	150	2	10
Кривая 6	55	150	2	8,5

Это дает возможность оптимизировать геометрическую модель фасонного зенкера, исходя из условия получения требуемых передних углов γ_p на всех ступенях зенкера за одну установку дискового инструмента второго порядка путем варьирования значений независимых параметров - шага передней винтовой поверхности P , переднего угла γ_m , радиуса сферы $R_{сф}$, угла наклона обра-

зующей конической сердцевинки β (Рис.2).

2. При формировании винтовой передней поверхности фасонного зенкера дисковым инструментом, производящая поверхность которого принадлежит круглому цилиндру, следует соблюдать условие сохранения его диаметра за весь период эксплуатации фасонного зенкера. Это позволит сохранить условия формирования винтовой поверхности и при переточках режущая кромка фасонного зенкера будет оставаться на его производящей поверхности и не изменит формы. Выполнение трех условий формирования поверхностей режущими инструментами обеспечивается, если диаметр круглого цилиндра, которому принадлежит производящая поверхность инструмента второго порядка находится в пределах $D_{umин} \dots 2D_{umин}$.

Количество параметров установки для круглого цилиндра сводится к трем - m, ε, ψ_z . Разработанный метод расчета параметров установки позволяет определить их допустимые значения. Результаты исследования показали, что разработанный метод расчета параметров установки m, ε, ψ_z круглого цилиндра позволяет определить такие их значения, что формируемая передняя поверхность может быть получена как теоретически точная винтовая постоянного шага.

3. Использование в качестве производящей поверхности дискового инструмента второго порядка прямого кругового конуса оправдано лишь в случае индивидуального характера производства, так как сохранить условия формирования винтовой передней поверхности при переточках фасонного зенкера инструментом с производящей поверхностью, принадлежащей конусу не удастся вследствие того, что передняя поверхность, сформированная таким способом, считается винтовой лишь теоретически, фактически она не допускает движения "самой по себе".

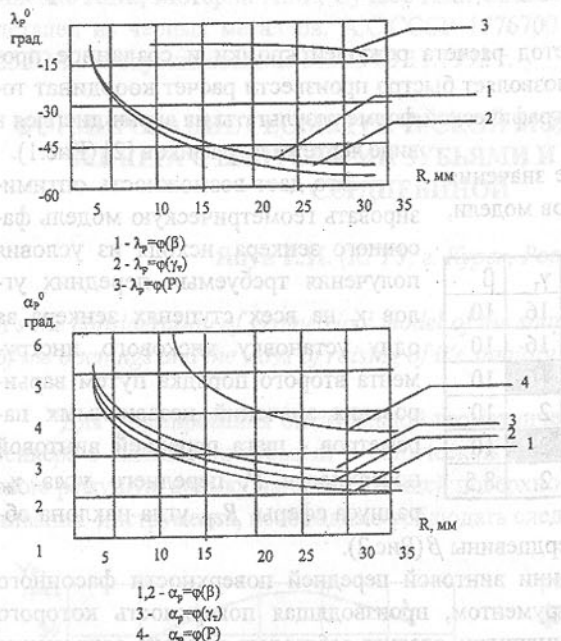


Рис.2. Графики изменения углов λ_p и α_p вдоль режущей кромки фасонного зенкера в процессе его работы.

режущей кромки. Получить такую поверхность при формировании спинки зуба. Так как фасонные зенкеры снимают большие припуски при обработке отверстий, то условие размещения стружки в стружечных канавках является очень важным. Поэтому количество зубьев у фасонного зенкера обычно 2-3. Формируется задняя поверхность зубьев фасонного зенкера фасонным дисковым инструментом, профиль которого рассчитывается.

Список литературы: 1. Лашнев С.И., Юликов М.И. Расчет и конструирование металлорежущих инструментов с применением ЭВМ.-М.: Машиностроение, 1975.-391 с. 2. Лашнев С.И., Яцун Е.И. Метод формообразования зубьев фасонных инструментов с нецилиндрической сердцевинной.- Тула, ТулПИ, Сб. научн. трудов, 1992, 25-30 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ОПОР

Алексеев В. В. (УГМУ, г. Николаев, Украина)

Hydrostatic modules are resigned for carrying and mounting of heavy-weight structures and equipment in various branches of national economy.

Главная способность новой системы - обеспечение минимального трения при незначительных затратах энергии на перемещение груза. Система состоит из следующих узлов: несущей гидравлической опоры, основным элементом которой является торцевое эластичное уплотнение, гидравлического агрегата с пультом управления, баллона со сжатым воздухом, тягового устройства (если оно необходимо), направляющих скольжения.

Несущая гидравлическая опора диаметром 200, 400 и более мм, имеет гибкое кольцевое уплотнение. Под несущей опорой создается подушка (из воздуха, газа или жидкости) с рабочим давлением до 196 КПа. Коэффициент трения скольжения модуля по ровной горизонтальной или наклонной поверхности уменьшается до 0,005. Подъемный цилиндр имеет ход до 200 мм. Его высота регулируется в этих пределах во время скольжения опоры. Тем самым достигается стабильное положение транспортируемого груза на каждой фазе передвижения. Несущие опоры могут быть закреплены болтами, но чаще всего для этого применяются специально разработанные небольших габаритов быстроразъемные траверсы, которые вставляются в штатные отверстия транспортируемых грузов. Теоретически для транспортировки груза массой до 3 т достаточно одной опоры. Однако, их устанавливают не менее 2. Для более тяжелых грузов используют большее число опор. Система выполнена так, что независимо от числа опор обеспечивается устойчивое опирание груза без перекосов и перегрузок отдельных опор.

Гидравлический агрегат служит для создания давления рабочей жидкости, управления ее потоками, постоянной компенсации разницы высоты во время процесса транспортировки и опускания груза. Возможно подключение системы к стационарной установке снабжения сжатым воздухом требуемой мощности.

Гидравлическое устройство обеспечивает плавное движение, а также точное позиционирование и торможение груза.

Для такой транспортной системы принимают специально разработанные для эксплуатации сборные направляющие скольжения с высоким

эффектом распределения нагрузки. Они состоят из отдельных элементов шириной 290 мм. Стыки соединения элементов направляющих скольжения соединяются стяжками. Эффективность применения такой системы можно проиллюстрировать примерами.

На судостроительном заводе (г. Киев) создано транспортное устройство для транспортировки морозильных аппаратов, как в цехе, так и на судне. Транспортировка морозильного аппарата массой 2400 кг осуществляется на двух гидравлических опорах. Усилие сопротивления движению составило около 300Н. Время подготовки системы для транспортировки морозильного аппарата составило около 10 мин. Создание такой транспортной системы позволяет осуществлять производство тяжёлых машин и оборудования в существующих производственных цехах предприятий, не оснащая их тяжёлыми мостовыми кранами. Это даёт значительную экономию материальных затрат. Применение такой транспортной системы эффективно и на судостроительных и судоремонтных предприятиях.

Разработана принципиально новая конструкция гидравлической опоры. Она содержит фундаментные стойки и установленные на них опорные камеры, каждая из которых имеет корпус с днищем и крышку с отверстиями, окантованными эластичными уплотнителями. При установке груза на стойки с гидроопорами между его наружной поверхностью и гибким уплотнением образуется замкнутая герметичная полость, которая при заполнении её водой под давлением образует водяную подушку.

Такие устройства предназначены для перемещения и монтажа тяжёлых конструкций и оборудования в различных отраслях. Плавность хода устройств и практически неограниченная грузоподъёмность, простота изготовления и обслуживания, отсутствие вращающихся деталей и высокая безопасность работы позволяет эксплуатировать их в пожаро- и взрыво-опасных помещениях. Устройства могут быть использованы при перемещении груза по наклонной плоскости.

Устройства оборудованы аппаратурой контроля и управления, которая позволяет одному оператору выполнять все технологические операции при транспортировке различных грузов.

ЗМІЦНЕННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС ВНУТРІШНЬОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ

Афтаназів І.С., Сімчук О.М., Пеклич З.І.

(Державний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна)

The construction of cog's flank strengthener of cog-wheels is described. Its preferences is the providing of the high level of deformation energy.

Зміцнення бокових поверхонь зубів циліндричних зубчастих коліс внутрішнього зачеплення традиційними методами через складність конфігурації зубчастого колеса спряжене із рядом труднощів технологічного характеру. Поряд із тим, ефективне якісне зміцнення поверхонь зубів, наприклад, методами поверхневого пластичного деформування дозволило б суттєво підвищити зносостійкість поверхонь зубів, опір викривуванню їх матеріалу, опір зламу зубів від циклічних згинаючих навантажень матеріалу зуба. Особливо мірою це стосується силових зубчастих передач, зуби яких піддаються значним експлуатаційним навантаженням. В ДУ "Львівська політехніка" створено ефективний метод зміцнення зубів зубчастих коліс вібраційно-відцентровою зміцнювальною обробкою (ВВЗО), який поряд із покращенням зносостійкості бокової поверхні зубів покращує і механічні властивості матеріалу зубів у їх поверхневих шарах. Зміцнювач для ВВЗО циліндричних зубчастих коліс внутрішнього зачеплення зображено на рисунку. Оброблювані з метою зміцнення поверхонь

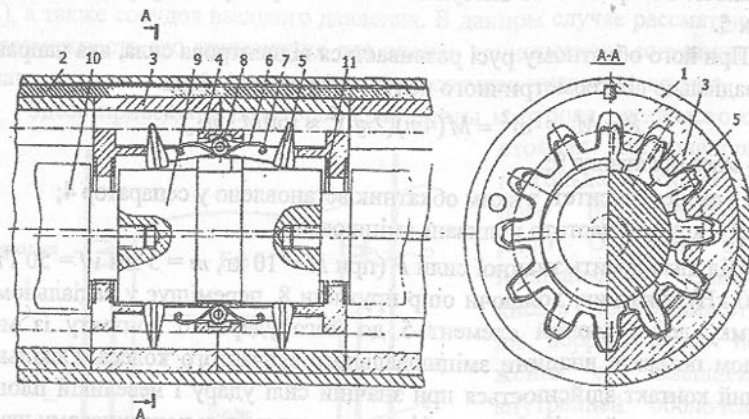


Рис. 1. Вібраційно-відцентрований зміцнювач зубчастих коліс внутрішнього зачеплення.

зубів зубчасті колеса 3 за допомогою шпонки 2 співвісно збазовуються у оправці 1. В середину них, базуючись своїми виступами по профілю зубів, встановлюють сепаратор 4, в якому навпроти кожної із впадин зубів зубчастого колеса розташовані підпружинені пружиною 8 деформуючі елементи 5. Твердість матеріалу деформуючих елементів перевищує твердість матеріалу зміцнюваних зубчастих коліс, а їх робочий профіль відповідає

конфігурації зміцнюваної ділянки профіля впадини зуба. Наприклад, її радіусних переходів у ніжку зуба, як показано на рисунку. Деформуючі елементи встановлено у сепараторі 4 на осях 6 з можливістю повороту у радіальному напрямку, який забезпечується пружиною 8, що зашкреплена на стержні 7, розміщеному на деформуючому елементі. В середині сепаратора вільно встановлено масивний циліндричний обкатник 9 із приєднаними до нього додатковими вантажами 10. Діаметр обкатника виконано рівним

$$D_o = D_3 - 2H - 4m,$$

де D_3 - діаметр ніжки зуба зміцнюваного зубчастого колеса;

m - модуль зубів;

H - висота деформуючих елементів.

При обробці від індивідуального приводу чи будь-якого вібруючого стола зміцнювачу надають вібрацій із круговою траєкторією у площині, що перпендикулярна геометричній осі оброблюваних зубчастих коліс, з амплітудою, рівною величині їх модуля, і частотою $f = (17 - 50)$ Гц.

Під дією коливань завдяки ефекту вібраційного підтримання обертання циліндричний обкатник 9 втягується у режим обкочування своєю зовнішньою поверхнею по виступаючих за сепаратор 4 деформуючих елементах 5.

При його обкатному русі розвивається відцентрова сила, яка направлена радіально від геометричного центра обертання і рівна

$$P = M \cdot \varepsilon \cdot \omega^2 = M(4m)(2\pi f)^2 \approx 160M \cdot m \cdot f^2,$$

де M - маса обкатника 9;

$\varepsilon = 4m$ - ексцентриситет, з яким обкатник встановлено у сепаратор 4;

$\omega = 2\pi f$ - кругова частота коливань зміцнювача.

Під дією досить значної сили P (при $M = 10$ кг, $m = 5$ мм і $f = 50$ Гц, $P = 20$ кН) обкатник, долаючи опір пружини 8, переміщує у радіальному напрямку деформуючий елемент 5 до його ударного контакту із матеріалом поверхні впадини зміцнювального зубчастого колеса. Оскільки ударний контакт здійснюється при значній силі удару і невеликій площі контакту - вузький стрічці по профілю впадини зуба, у поверхневому шарі матеріалу зуба розвиваються високі контактні напруження, що супроводжуються його зміцненням. При цьому за кожний період коливань зміцнювача обкатник 9 здійснює один повний обкатний рух по всіх розміщених у впадинах зубів деформуючих елементах, по чергово вводячи їх в ударний контакт із матеріалом відповідної впадини зубів. Переміщуючи зміцнювач вздовж осі оброблюваних зубчастих коліс, наприклад, за рахунок нахилу оправки 1 до горизонту, а в разі потреби здійснюючи і повторні проходи, забезпечують рівномірну зміцнювальну обробку всіх встановлених у оправці зубчастих коліс.

Рівень показників якості зміцнювальної обробки (товщини зміцненого шару, залишкових напружень стиску, поверхневої мікротвердості) регулюють, змінюючи масу M обкатного елемента 9 за рахунок додаткового прикріплення до нього вантажів 10 та міняючи частоту коливань f оправки 1.

АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫЙ КОНТРОЛЬ СОСУДОВ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Банов М.Д., Дорошко С.М. (РАУ, г. Рига, Латвия)

The results of acoustical emission checking of the low pressure vessels are given. It is showed that natural loads which act to the object may be used to receive of best troubleshooting.

Известна высокая эффективность использования метода акустической эмиссии (АЭ) для неразрушающего контроля высоконагруженных деталей машин различного назначения (дисков, валов, рабочих лопаток и т.д.), а также сосудов высокого давления. В данном случае рассматривается возможность его применения для оценки технического состояния низконагруженных элементов и, в частности, сосудов низкого давления.

Здесь приведены некоторые результаты контроля технического состояния низконапорного газгольдера, схема которого представлена на рис.1. Основные задачи исследования заключались в определении степени коррозионного поражения его внешней и внутренней оболочек и днища, а также локализации зон скрытых дефектов.

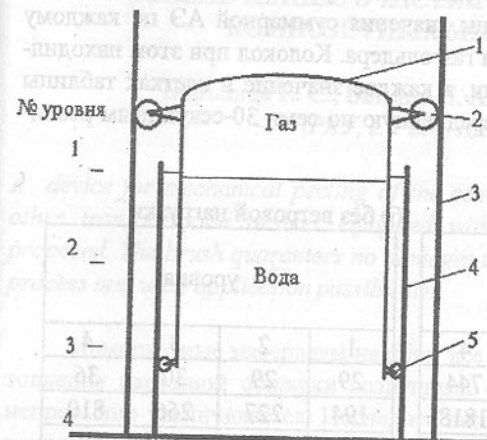


Рис.1. Схема газгольдера: 1- колокол; 2- наружный ролик; 3- наружная направляющая; 4- резервуар с внутренними направляющими; 5- внутренний ролик.

Оценка условий работы объекта показала, что уровень основных нагрузок (гидростатический напор с циклическим изменением в течение суток;

ветровая нагрузка при различных положениях колокола газгольдера; усилия, вызываемые неравномерным температурным нагревом, обусловленным солнечной радиацией, и т.п.) невелики и суммарные напряжения не превышают 500 МПа. Тем не менее, растворенные в воде химические компоненты (метан, соли и т.д.) приводят к интенсивному коррозионному разрушению материала резервуара, усугубляемому действием вышеперечисленных статических и динамических нагрузок.

Переменная ветровая нагрузка и деформации, вызванные неравномерным нагревом в течение суток, приводят к износу оболочек и подвижных соединений колокола (роликов и их направляющих). Данные дефекты инициируют относительно слабые сигналы АЭ, что предъявляет высокие требования к измерительной аппаратуре, которая включала 12 первичных преобразователей (расположенных равномерно по окружности резервуара против внутренних направляющих на заданном уровне), коммутатор, прибор АФ-15 и комплекс РАС-3000/3104. Были предприняты меры по выравниванию характеристик различных трактов измерений, в результате чего разница в их чувствительности не превышала 10%.

Испытания газгольдера выполнялись при нахождении его колокола в различных положениях при различной ветровой нагрузке и в разное время суток. В качестве информативных параметров использовались активность, амплитуда и интенсивность АЭ сигналов.

Типичные результаты (для одного из вариантов измерений) приведены в таблице, где представлены значения суммарной АЭ по каждому датчику на 4-х уровнях оболочки газгольдера. Колокол при этом находился в крайнем верхнем положении, а каждое значение в клетках таблицы представляет собой величину, осредненную по семи 30-секундным реализациям.

Таблица - Значения сумм АЭ.

а) с ветровой нагрузкой

№ дат-чика	№ уровня			
	1	2	3	4
1	0	2	63	744
2	1207	518	225	1818
3	2998	200	1150	916
4	498	547	402	18721
5	52	1	252	1001
6	14	1	41	440
7	6256	611	9096	6646

б) без ветровой нагрузки

№ уровня			
1	2	3	4
29	29	30	36
194	227	266	810
2005	180	57	801
443	20	383	2440
39	18	82	27
4	6	30	27
3376	546	2785	2814

8	2507	2006	1019	2008
9	300	1000	388	2500
10	551	156	105	800
11	2997	2005	501	3099
12	2	1	193	644

938	1036	906	1005
290	764	280	240
435	58	8	1518
1937	1172	434	1828
73	74	93	559

Анализ результатов измерений дал возможность выявить дефектные зоны газгольдера. В частности, было сделано заключение о повышенном излучении АЭ-сигналов в нижнем и верхнем поясах оболочки резервуара и в зонах 4, 7, 8 и 11 направляющей. Визуальный осмотр позволил обнаружить в зоне 4/4 сквозную трещину в сварном шве, а в зонах 1/7, 3/7, 4/7, 1/3, 1/11, 4/11 интенсивное коррозионное разрушение.

Таким образом, применением метода АЭ за относительно короткий срок позволило выявить зоны газгольдера с дефектами и интенсивным коррозионным поражением. Необходимая эффективность была достигнута за счет использования естественных внешних нагрузок (в частности, ветровой), действующих при нормальном функционировании объекта, и выбора положения колокола. Анализ параметров измерений показал, что для текущего контроля можно рекомендовать суммарный сигнал АЭ. Более детальное обследование целесообразно проводить по ресурсу и сигналу суммарной АЭ.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТИ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Барышев Е. С., Биллер П. А., Клейнхоф М. А.
(РАУ, г. Рига, Латвия)

A device for mechanical peeling of the composite surface of air courts and other transportation devices equipped with composite sheeting had been proposed. The brush guarantees no damages to the surface during the cleaning process and wide application possibilities.

Композитные материалы находят все большее применение для изготовления наружной обшивки воздушных судов (ВС), площадь которых непрерывно увеличивается. Последнее вызывает необходимость решения вопросов поддержания наружной поверхности в процессе эксплуатации в чистоте, так как ее загрязнение вызывает изменение не только технико-экономических характеристик ВС, но интенсифицирует процессы ее повреждения.

При решении вопросов их очистки необходимо учитывать специфические свойства этих материалов, требующих периодического контроля их свойств и чувствительность их к воздействию агрессивных жидкостей и нагрузок. Особенно недопустимо воздействие ударных нагрузок и высокой температуры. Периодичность мойки определяется интенсивностью загрязнения указанных поверхностей, которая приводит к изменению летно-технических характеристик ВС.

Использование известных устройств, для механизированной мойки наружных поверхностей ВС ограничено, так как они негарантируют их неповреждение. Объясняется это тем, что усилие прижатия щетки к очищаемой поверхности в этих устройствах ограничено силой прижатия, а не значениями напряжения в материале поверхности, что, как известно, при непостоянной площади пятна контакта не исключаются случаи ее повреждения. Уменьшение силы прижатия щетки к поверхности приводит к увеличению длительности процесса очистки и снижению качества. В известных устройствах, для мойки наружных поверхностей, основным элементом является щетка наиболее часто состоящая из жесткого вала и длинного ворса. Использование ворса большой длины не исключает случаев спутывания их и образования узелков (сосредоточенных масс), что приводит к молотковому эффекту, то есть разрушению материала поверхности и может вызвать нарушение его сплошности. Твердость ворса небольшая, что не исключает частичное внедрения в его тело мелких, с высокой твердостью, частиц, находящихся в загрязнении. В дальнейшем такой ворс интенсифицирует процесс разрушения поверхностного слоя очищаемой поверхности и требуется его восстановление. Указанные и другие недостатки механизированных устройств и моющих составов вынуждают осуществлять мойку наружных поверхностей вручную, а это длительный, трудоемкий и небезопасный для исполнителей процесс [2].

Проведенный анализ свойств композитных материалов и влияния на них условий эксплуатации позволили рекомендовать для очистки наружных поверхностей ВС новые конструкции адаптивных щеток и материал для их рабочего элемента [3]. Предлагаемые щетки обеспечивают необходимые значения напряжения в материале наружной поверхности, т.е. гарантируют их неповреждение, упрощают конструкцию всего устройства, так как отпадает необходимость оборудовать эти устройства системами автоматического управления положения щетки для повторения профиля поверхности, позволяют механизировать, а в отдельных случаях автоматизировать процессы очистки поверхностей и др. преимущества. Несложная замена рабочего элемента позволит использовать их не только для мойки поверхностей, изготовленных из различных материалов, но для их поли-

ровки, снятия лакокрасочного покрытия или нанесения рабочей жидкости, как в процессе эксплуатации, так и ремонта.

Список литературы: 1. Клейнхоф М. А. Особенности эксплуатации авиаконструкций из полимерных материалов. В сб. науч. тр. «Совершенствование методов технической эксплуатации летательных аппаратов» - Рига: РИИГА, 1989, с.54...57. 2. Барышев Е. С. Загрязнение наружной поверхности воздушных судов и требования к устройствам для ее очистки. Межвуз. сб. науч. тр. «Совершенствование технологических процессов ремонта авиационной техники»-М.: МГТУГА, 1997.с.62...66. 3. Барышев Е. С. Усовершенствование роторных щеток для очистки поверхностей. Сб. науч. тр. «Совершенствование методов эксплуатации летательных аппаратов»- Рига: РИИГА, 1991.-с. 88...93.

МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ТВЕРДОСТИ В ЗОНЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Христов С.Х., Дойнов Н.С., Ушев В. (ИМ-БАН, г. София, Болгария)

The arc welding of low alloyed steels causes complex solid transformation and hardenability in the heat affected zone (HAZ). In the present paper a mathematical model, taking into account the steel chemical composition and arc welding parameters to estimate the hardness distribution in the HAZ is proposed.

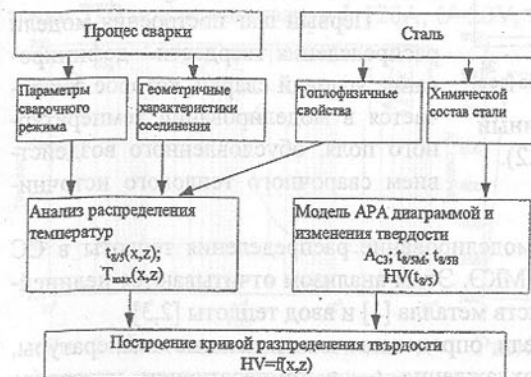


Рис.1. Принципиальная схема модели.

вающего химический состав принятой стали, разрешает построить комплексную модель, описывающую микроструктуру.

Применение численных методов, в частности метода конечных элементов (МКЭ) для исследования изменения температурного поля даёт возможность для прецизионного моделирования термических циклов сварных соединений (СС). Сочетание результатов тепловых вычислений и построенного алгоритма, отчиты-

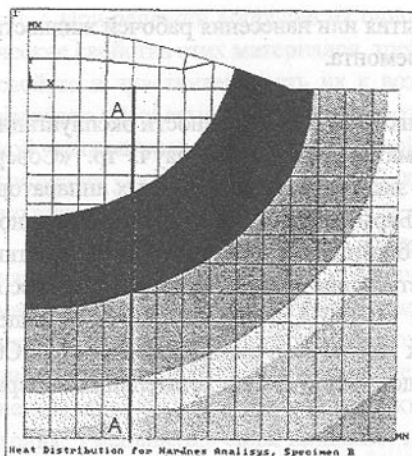


Рис.2. Распределения температур.

ние с решением тепловой задач.

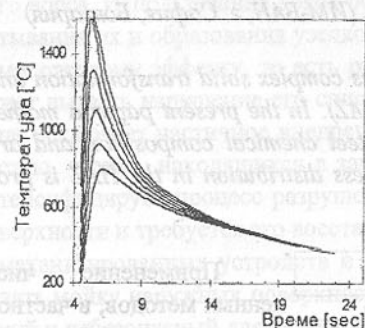


Рис.3. Вычисленный термический цикл по линии А-А (рис.2).

ка.

В настоящей работе моделирование распределения теплоты в СС осуществлено применением МКЭ. Этим анализом отчитываются нелинейность теплофизических свойств металла [1] и ввод теплоты [2,3].

С помощью тепловой модели определены максимальные температуры, время перестоя и время охлаждения $t_{8/5}$ в температурном интервале 800÷500°C в отдельных точках ЗТВ.

Второй шаг моделирования - это дефинирование материала его химическим составом и оценивание структур ЗТВ.

Целью настоящей работы является построение модели, отвечающей влиянию химического состава стали и влиянию сварочного термического цикла на размер зоны термического влияния (ЗТВ) и распределения твердости в ней.

В работе Сооп и Watt [1] подход к проблеме становится на базу основной постановки моделирования кинетики фазовых процессов в сочетании с решением тепловой задачи.

Принципиальная схема модели

В настоящей работе построен алгоритм для моделирования распределения твердости в ЗТВ. Он базируется на существующие постановки и принципиально принят подход предложенный Сооп и Watt (рис.1).

Первый шаг построения модели распределения твердости - дефинирование условий сварки, которое заключается в моделировании температурного поля, обусловленного воздействием сварочного теплового источника.

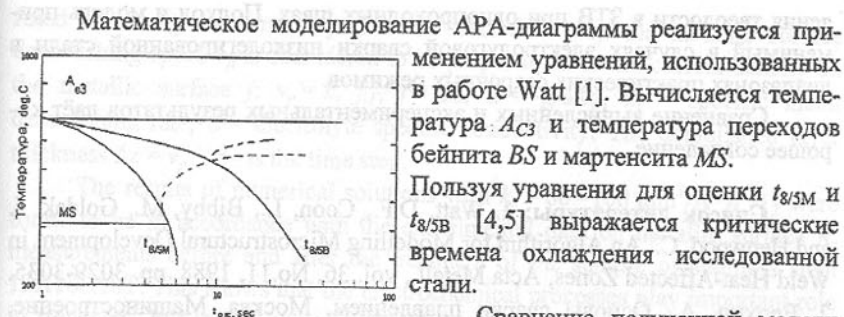


Рис.4. Модель APA диаграмм.

АРА - диаграммой с результатами температурного анализа определяет границы отдельных структур в ЗТВ. Твердость мартенсита и бейнита H_M , H_B определена регрессионными уравнениями Magoaric и Arata [4,5].

Количественный оценки исходных структур выражается зависимостью изменения твердости как функции темпа охлаждения. Для построения этой зависимости принято уравнение выведено Yurioka [6].

$$HV = \frac{H_M + H_B}{2} - \frac{H_M - H_B}{2.2} \cdot a \tan \left[4 \cdot \frac{\log(t_{8/5}/t_{8/5M})}{\log(t_{8/5B}/t_{8/5M})} - 2 \right] \quad (1)$$

Рис.5 демонстрирует графику этой зависимости для исследованной стали содержащей C=0,41; Cr=1,35; Ni=1,39; Mn=0,56; Si=0,38

Преобразование уравнения (1) в матричный вид даёт оценку твердости отдельных точек, дефинированных с своим параметром $t_{8/5}(x,z)$.

Рис.6 изображает вычисленное распределение твердости каждой точки ЗТВ при режим сварки $I=120A$, $U=20V$, $V=3,8mm/s$.

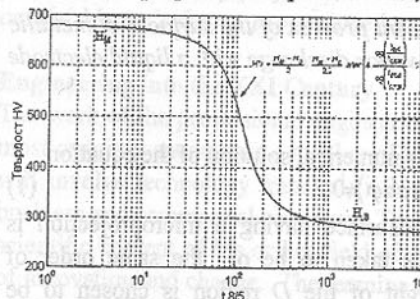


Рис.5. Изменение твердости как функция степени переохлаждения.

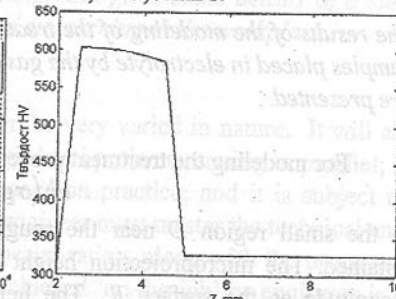


Рис.6. Распределение твердости (линий А-А рис.2).

Заключение:

Предложенный подход для моделирования микроструктуры вместе с тепловой моделью построенной по МКЭ, позволяет получение распреде-

ления твердости в ЗТВ при однопроходных швах. Подход и модель применимый в случаях электродуговой сварки низколегированной стали в диапазонах практических сварочных режимов.

Сравнение вычисленных и экспериментальных результатов даёт хорошее совпадение.

Список литературы: 1. Watt, D.F., Coon, L., Bibby, M., Goldak, J. and Henwood, C., An Algorithm for Modelling Microstructural Development in Weld Heat-Affected Zones, *Acta Metall.*, vol. 36, No.11, 1988, pp. 3029-3035. 2. Ерохин, А., Основы сварки плавлением, Москва, Машиностроение, 1973, 50-109. 3. Димченко, Ф., Процессы при электрошлаковой переплаве, Наук. Думка, Киев, 1979. 4. Arata, Y., Nishiguchi, K., Weldability Concept on Hardness Prediction, *Transactions of JWRI*, 1979, 8 (1), pp.43-52. 5. Magoariec, A., Maurickx, T., Perdrix, C., Regression Modelling of the Hardenability of Low Alloyed Steels, *Mathematical Modelling of Weld Phenomena 3*, The Institute of Materials, 1997, pp.295-309. 6. Yurioka, N., Prediction of HAZ Hardness of Transformable Steels, *Metal Construction*, April, 1987, pp.217-223.

MODELLING OF THE PROCESS OF THE TREATMENT OF METALLIC SURFACES BY THE GAS-VAPOUR DISCHARGE WITH A LIQUID ELECTRODE

Basyrov R.Sh., Galimova R.K., Khaziev R.M.

(KSTU nam. A.N. Tupolev, Kazan, Russia)

The results of the modeling of the treatment process of the surfaces of metallic samples placed in electrolyte by the gas-vapor discharge with a liquid electrode are presented.

For modeling the treatment process numerical solution of the equation
$$\operatorname{div}(\sigma \operatorname{grad} \varphi) = 0 \quad (1)$$

in the small region D near the rough surface having a microprojection is obtained. The microprojection height is taken to be of the same order of magnitude as the surface R_z . The height of the D region is chosen to be sufficiently large ($b \approx 3 \div 4 R_z$). The electric field strength on the upper bound of the D region is taken to be constant $E_{y=b} = E_0 = \text{const}$. This value is found from the experimental measurements of the electric potential distribution in the electrolyte. The equation (1) is solved numerically under the boundary conditions $\varphi|_r = 0$; $\partial \varphi / \partial x|_{x=\pm a} = 0$, where the metallic surface boundary Γ is kept

fixed for the given time step. For the next time step the metallic surface demolishing speed v_p is considered to be proportional to the current density on the metallic surface j : $v_p = k_v j|_r$, $j = \sigma E$, $E = -\operatorname{grad} \varphi$, k_v – specific metal demolishing rate, σ – electrolyte specific conductivity. The demolished layer thickness $\Delta z = v_p \tau$, τ – is the time step.

The results of numerical solutions with $k_v = 60 - 100 \text{ mm}^3/\text{A} \cdot \text{h}$ [1] were found to be in accordance with the experimental data on metallic surface R_z measurements before and after the treatment of the sample of stainless steel 12X18H10T. This shows that the electrochemical processes play important role in treatment, but in this research the electrolytes with 1% concentration were used whereas the usual electrochemical processing imply of using higher concentrated electrolytes with aggressive admixtures. Therefore it is seen that the discharge processes considerably activate the electrochemical treatment.

Reference: 1. Orlov V.F., Chugunov B.I. *Electrochemical forming*. – M.: Mashinostroeniye, 1990. – 240 pp. (in russian).

INDUSTRY-ACADEMY COLLABORATION IN ENGINEERING EDUCATION FOR THE XXI CENTURY

Bement J.M. (University of Portsmouth, Portsmouth, UK)

It is increasingly recognised that the education of engineers should value learning achieved 'on-the-job'. This paper discusses some philosophical aspects of the nature of professional learning, and gives some details of a successful Master's degree programme based on learning in the workplace.

Engineering into the XXI Century

The work of the professional engineer can be very varied in nature. It will almost certainly encompass a number of high-level projects running in parallel; it will involve technology transfer¹; it is based on practice; and it is subject to business and commercial pressures. The engineer must master the technical and scientific content of his or her field of specialisation, along with the processes of innovation and change. The learning achieved 'on-the-job' by engineers is a vital basis for the continuing prosperity of society. This is recognised in the importance given to continuing professional development (CPD) by the engineering profession worldwide. It was a natural step for us at the University of

¹ The application of new scientific principles and technologies to practical engineering systems.

Portsmouth to develop means to accredit learning in the workplace towards a Master's degree.

The British Government recently received the Report of the National Committee of Inquiry into Higher Education (the Dearing Report, named after the Committee's Chair, Sir Ron Dearing). The Report strongly favours the much closer integration of industry and the academy in the education of professionals, a much more flexible pattern of attendance at college, and an increased emphasis on learning at work. A characteristic comment in the Report says: «partnerships between [industrial] organisations and institutions [of higher education] will be an increasing feature of higher education.» (Dearing 1997)

Knowledge and Learning

Epistemologically, one may distinguish three broad kinds of knowledge, which are associated (especially in the British system) with three types of degree award.

Research knowledge is generated by focusing on a particular narrow area of investigation, with the aim of establishing a descriptive and predictive model of the system under study. The researcher applies appropriate research methods, so as to produce repeatable and consistent results. Academically, research knowledge is reported in monograph papers of theses, which must conform to accepted norms, especially in the referencing of the work of others. In Britain, the MPhil, DPhil and PhD degrees² are closely associated with research knowledge.

Textbook knowledge is essentially theorised and processed research knowledge. It has been placed in the matrix of the known, and its links with related areas established. This classification and integration is a natural step towards the teaching of such knowledge. In the academy, taught courses and programmes make extensive use of textbook knowledge. For example, a 120-credit British taught Master's (MA or MSc) programme might have some 70 credits from formal study, the balance coming from a dissertation applying research method and academic writing skills. The emphasis is clearly on the acquisition by the student of textbook knowledge.

Professional knowledge is that which may be generated by an individual applying the professional methodology of reflection in action to his or her working situation. It shares some of the characteristics of research

knowledge, in that it may be applied to the improvement of practice and in that sense is both descriptive and predictive. It may encompass certain elements of textbook knowledge, integrated into the generative framework that allows a professional to exercise high-level cognitive skills such as diagnosis and prognosis. Academic work-based learning programmes such as the University of Portsmouth Partnership Master's, work in this way.

A Practical Work-based Degree Programme

The Partnership Master's Programme at the University of Portsmouth is designed for engineers and other professionals who will remain at work during their studies. Engineers and technologists can register for named Master's awards suitable for broad areas of technical employment. Titles currently offered are:

MA Business & Computer Studies	MSc Applied Computing
MSc Applied Science	MSc Mathematical Studies
MSc Engineering	MSc Engineering & Management.

Each student's individually designed programme of study combines selected University study units with workplace projects and CPD studies. The progression of a student's learning is based on expert practice for the professional, not subservience to a body of knowledge prescribed by the University. Reflection is used at all stages to develop students' competence in the application of personal knowledge. On entry, students will already be working at a professional level, but will not have reached the highest levels in the evaluation of their own practice, and in the generation of new knowledge through that practice. In designing their learning programmes, students must justify the inclusion of each element of study against the title of the degree they are seeking.

When awarding academic credit for learning through practical projects at work, students must produce evidence that they have achieved the learning outcomes they set out in their learning programmes. The grading of their attainment is done against criteria proposed by the students and approved by their supervisors and in accord with the University's quality assurance procedures.

The Partnership Master's Programme has been running since 1994, building up to the current enrolment of 40. Some twenty students have graduated. Most of them have been engineers from well-known advanced technology companies (such as IBM, Marconi and Ford Motors) based in the Portsmouth area. The

² Master of Philosophy, Doctor of Philosophy and Philosophiae Doctor respectively.

success of the Programme may be seen in the number of new students being sent by employers who have been impressed by the way their employees have developed professionally and technically through their Partnership studies.

Future Developments

The University of Portsmouth's response to the Dearing Report (Dearing, op. cit.) said: «Our Partnership Programme (which was commended in the Dearing Report) provides a good model for the accreditation of work-based learning and for access to Higher Education by people in employment for their own benefit and that of their employers. We would commend this model as representing good practice in this area, and we intend to build upon it as a part of our own Participation Strategy.» Partnership Programme staff are now working with colleagues both within the University and at other universities in Britain and Australia to increase the numbers of students studying for professional degrees through this model. We look forward to sharing our experience with colleagues in other countries.

Reference: 1. Dearing, Sir R, *Higher Education in the Learning Society*, Report of the National Committee of Inquiry into Higher Education, London, NCHE, 1997, ISBN 85838 254

COMPUTER AIDED SOLUTION OF REVERSE TASK OF DYNAMICS OF LONGITUDINALLY VIBRATING BAR SYSTEMS

Buchacz A. (Silesian University of Technology, Gliwice, Poland)

In this paper the two methods were applied in order to synthesize the dynamical characteristic of the longitudinally vibrating mechanical system with cascade structure: the continued fraction expansion method and the recurrent cascade method. On this base of these methods a system of programmes for IBM compatible computers has been prepared. The system of programmes for the synthesis of transforming characteristic of vibrations systems by the use graphs method and structural numbers is easy and convenient in practical use.

The reverse task of dynamics called synthesis consists in investigating the structure of a system with the continuous distribution of parameters and specific requirements set for the realization of the desired mechanical phenomena, because the discrete model is too remote from the real object. Moreover, the problem of synthesizing discrete physical, mechanical and, first of all, electrical and electronic systems is widely in scientific research. However, it is considerably to find examples of methods of synthesizing continuous mechanical sys-

tems. Authors of the papers approaching these problems emphasize that the synthesis of systems with the continuous distribution of parameters is only beginning to be developed, so its exact formulation and solution is still to be dealt with. So far, this task has been approached by attempts to determine of a rectangular bar or a sleeve (depending on longitudinal or torsional vibrations) from the frequency equation and only on basis the first natural frequency.

The first attempt at the solution to this problem of the synthesis concerning the frequency spectrum has been made by author of this paper in the Gliwice research center in [1,2,3].

The idea of computer aided synthesis of transforming characteristic of vibrations systems by the use graphs method and structural numbers is shown in fig. 1-9.

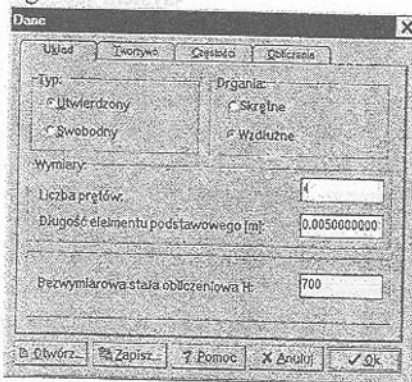


Fig. 1. Data about the synthesized system.

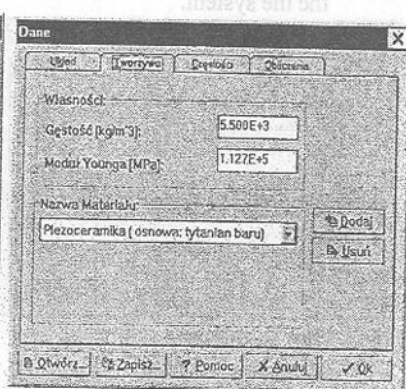


Fig. 2. Introducing physical properties of material.

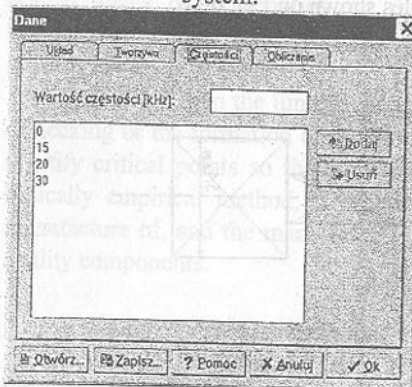


Fig. 3. Introducing frequencies.

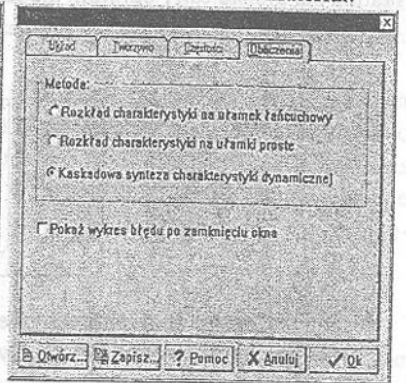


Fig. 4. Choosing a synthesis method.

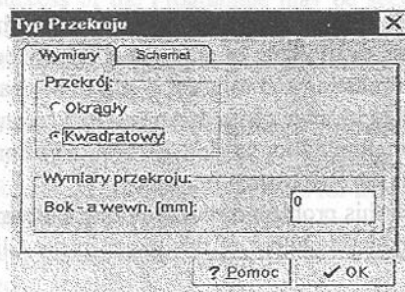


Fig. 5. Choosing the type of section of the the system.

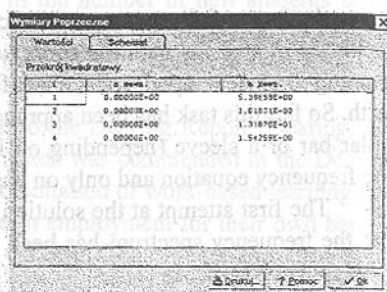


Fig. 6. Transverse dimensions of system sections.

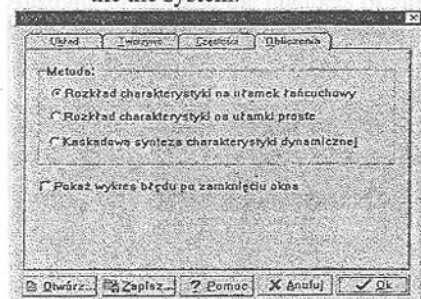


Fig. 7. How to choose a synthesis the system method.

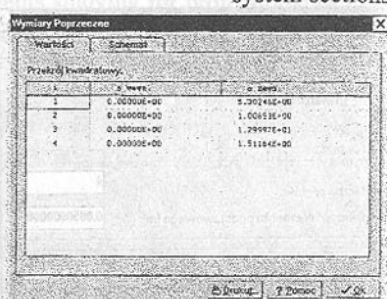


Fig. 8. Transverse dimensions of sections.

Construction scheme of the synthesized cascade structure of a longitudinally vibrating bar system carry out from the tables shown on Fig. 6 i 8.

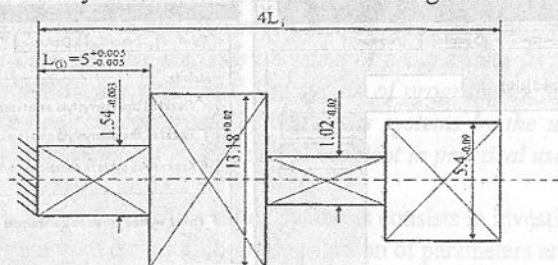


Fig. 9. Construction scheme of the synthesized cascade structure of a longitudinally vibrating bar system.

References: 1. Buchacz A.: The Synthesis of Vibrating Bar-Systems Represented by Graphs and Structural Numbers. ZN Politechniki Śląskiej,

MECHANIKA, z. 104, Gliwice, 1991 (in Polish). 2. Buchacz A.: Modelling, Synthesis and Analysis of Bar Systems Charaterized by a Cascade Structure Represented by Graphs. Mech. Mach. Theory, Vol.30, No 7, pp.969-986, Pergamon, 1995. 3. Buchacz A.: Computer Aided Synthesis of Bar-Systems by the use of Graphs and Structural Numbers. Proceedings of 4th International Scientific and Engineering Conference-Contemporary Problems of Machine-Building and Technical Progress, Donetsk-Sevastopol 1996, pp.33-34 (in Russian).

This work has been conducted of the research project No. 7 TO7B 001 11 supported by the Committee of Scientific Researches in years 1996-1998

SPECIAL GAUGE FOR MEASUREMENT OF PATTERNS ON STAMPINGS

Čada R. (VJBB - Technical University of Ostrava, Czech Republic)

In contribution the special gauge for measurement of lengths on curved surfaces, which was constructed by the author, is fully described. By the use of this gauge it is possible to measure the lengths on curved surfaces with accuracy of 0,01 mm. The advantages of the gauge are low material costs, small mass, accuracy and simple operation.

1 Introduction

The grid-marking system provides a most useful method for identifying critical zones of deformation on difficult workpieces. Measurements and visualization of strain patterns make possible to locate and eliminate the causes of many breakage problems.

When working in the limiting zones of deformation where there is a danger of necking or the formation of cracks, it is possible by step-by-step analysis to identify critical points so that appropriate measures can be taken. Thus, this basically empirical method, is an aid to optimising, at minimum cost, the manufacture of, and the manufacturing technique for, the production of high-quality components.

2 Measurement of patterns on stampings

For objective evaluation of stress and strain by deformation networks the separate elements of deformation network on stampings must be precisely measured. With regard to the fact, that the elements appears also on round and curved surfaces, its accurate measurement is difficult.

Using of flexible measuring rule or creation of print of measured length to soft foil with additional measurement of print after its straightening are inaccurate. Utilization of measuring magnifier or other optical gauges is suitable only for measurement of lengths in plane.

2.1 Special gauge for measurement of patterns

Problem of accurate measurement of lengths on curved surfaces the author solved by constructing of special gauge.

The gauge was made from thin transparent foil on which basic straight line and subsidiary straight line, which are moderately concurrent, were made. Perpendicularly to basic straight line the scale lines with numbering, which told accurate distances between the basic and subsidiary straight line, were made. The gauge was checked with the use of horizontal linear measurement apparatus IZA-2 with accuracy of 0.001 mm.

By the use of this gauge it is possible to measure the lengths on curved surfaces with accuracy of 0.01 mm. The measurement accuracy depends on concurrence of basic straight line and subsidiary straight line - the smaller the concurrence, the higher the measurement accuracy. The measurement accuracy is also influenced by making accuracy of own gauge and first of all by location accuracy of gauge during measurement.

The advantages of the gauge are low material costs, small mass, accuracy and simple operation. The gauge is easy to manufacture and it is universal.

2.2 Procedure of measurement with gauge

When measuring the gauge must be put on curved surface closely and simultaneously the measured length on curved surface must lie across between basic and subsidiary straight line. Then the gauge is pulled in direction perpendicular to basic straight line till this line covers near end-point of measured length. Then the gauge is rotated round this point till the measured length, which lie between basic and subsidiary straight line, is perpendicular to basic straight line. Then the gauge is pulled in direction of basic straight line till the subsidiary straight line covers second end-point of measured length.

By this procedure such establishment of gauge is achieved, when the basic straight line covers one end-point of measured length, simultaneously the subsidiary straight line covers second end-point of measured length and simultaneously the measured length is perpendicular to basic straight line. In place on gauge, where the measured length is after this establishment, the distance between basic and subsidiary straight line is equal to size of measured length, which can be deducted with the use of scale lines with numbering.

2.3 Increasing of range of measurable lengths

The gauge is designed for relative small range of measurable lengths. It is possible to achieve the increasing of total range of measurable lengths by supplying of gauge with second subsidiary straight line with greater or smaller withdrawal from basic straight line.

It is advantageous, when second subsidiary straight line is parallel with original subsidiary straight line of gauge, because then it is possible to use the original scale supplied with second numbering, which told accurate distances between the basic and second subsidiary straight line.

Additional possibility of increasing of total range of measurable lengths is manufacturing of two reciprocal parallel subsidiary straight lines on both sides of basic straight line with different withdrawal. This alternative is suitable only for measurement of short lengths, because otherwise the gauge width would be too big and by that the gauge would not be satisfactorily flexible.

It is possible to achieve outstanding increasing of total range of measurable lengths by manufacturing of gauges set of different sizes.

Acknowledgement

The author acknowledges the financial support provided by Grant Agency of the Czech Republic. Development of the gauge has been accomplished as a part of the research project „Elaboration of method for evaluation of sheet-metal formability and its experimental verification on deep stampings with the use of method of deformation networks“ (grant No. 101/95/1174).

References: 1. Čada, R. Measurement of elements of deformation networks. In *Proceedings of the Fifth Annual university-wide seminar WORKSHOP '96, Part III*. Ed. A. Strejc. Prague, Czech Technical University, 1996, pp. 1029-1030. 2. Buchar, Z. Circle grid analysis applied to the production problems of the car body panel. *Journal of Materials Processing Technology*, 1996, Vol. 60, No. 1-4, pp. 205-208. 3. Čada, R. Grid marking by embossing. In *Proceedings of the 3rd Asia - Pacific Symposium on Advances in Engineering Plasticity and its Applications (AEPA '96)*. Ed. T. Abe and T. Tsuta. Japan, Hiroshima, Elsevier Science Ltd., 1996, pp. 887-892. 4. Čada, R. Testing of strain and material flow in stampings for improving their quality. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Quality and Reliability (ICQR '97), Volume II*. Ed. H. C. Tsang and C. Y. Tang. Hong Kong, The Hong Kong Polytechnic University, 1997, s. 161-166. 5. Hudák, J. Experimental and practical verification of stampings production. In *Proceedings of the International Conference TECHNOLOGY '97, Volume II*. Bratislava, Slovak Technical University, 1997, pp. 806-809. 6. Čada, R. Testing of drawing tool by

method of deformation networks. In *Сборник трудов международной научно-технической конференции "Прогрессивные технологии машиностроения и современность"*. Украина, Донецк, Донецкий государственный технический университет, 1997, s. 273-275. ISBN 5-7763-8317-X

INVESTIGATION OF STRUCTURE AND PROPERTIES OF BORON CARBIDE BASE ALLOY WITH Ti-Ni-Mo BINDER

Dubrovskaya G.N., Olexyenko N.V., Bozhko N.I.

(Engineering and Technological Institute, Cherkassy, Ukraine)

The process of stabilization of bundle structure in composite material B_4C -(Ti-Ni-Mo) while introducing oxides of elements La_2O_3 commensurable with clusters by «zol-gel» method is searched. Rising plasticity of the bundle in composition and stability of material against oxidation are discovered.

During the process of exploitation in high temperatures and loading of the alloy based on boron carbide with Ti-Ni-Mo bundle the properties of it are considerably changing. Information on structure stabilization of alloys is absent in literature.

The rising of tarmac & structure stability is possible by getting bundle in the form of dispersion strengthened material. The main facts of physic chemical process of bundle structure stabilization in composite material B_4C -(Ti-Ni-Mo) are stimulating (activating) of surface in transitional zones carbide - bundle during the process of consolidation, dispersion of phases, absence of structure defects.

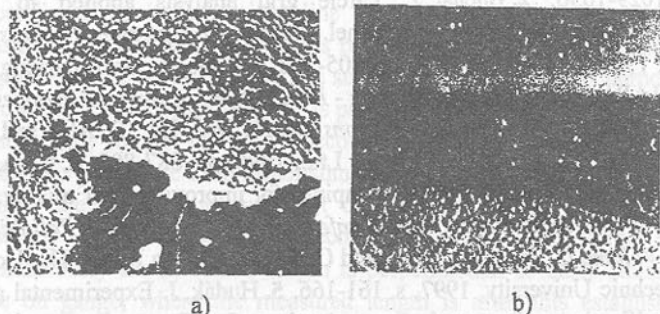


Figure 1. Break's structure of composition material B_4C -(Ti-Ni-Mo): a) without additives La_2O_3 , x300; b) with additive La_2O_3 , x530.

We researched the process of bundle structure stabilization with oxides of rare-earth metals commensurable with clusters loaded into mixture. Additive of disperse phase La_2O_3 ($d=0,03\mu$) into mixture of composite material & optimization of temperature - time parameters of material getting process provide forming the natural diffusive barrier as intermediate phase $Me-La_2O_3$, which slows the process of interaction of B_4C with the bundle in high temperature and loading conditions. Research of composition B_4C -(Ti-Ni-Mo) structure stabilized by lanthan oxide (La_2O_3), was made in comparing with composition structure without additives of strengthening phase.

Quantity of disperse - strengthening phase was added in calculation 0,5% in commate to La_2O_3 , feast of changes in material structure was made by phractographic analysis method on electronic microscope.

Figure 1 shows scanograms of composition breaks at second electrons.

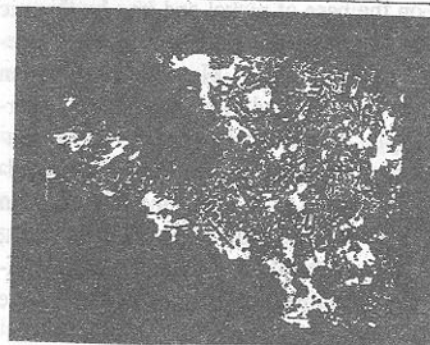


Figure 2. Structure of composition strengthening additives of lantanconcontaining material on the base of La_2O_3 . Received dependencies allow to characterize the bundle structure: it consists of Ti_2Ni

with layers of Mo firm solutions in intermetallide $TiNi$. Metallic Ti and complex carbide $(Ti, Mo)C$ are discovered.

While searching the process of oxidation, the rising stability of composite material B_4C +bundle+additive [1-3] against environment influence was found. The beginning of the oxidation process of the samples, made from mixture with Lantancontaining additive, changes and happens at temperatures 59-60°C higher in comparison with samples without stabilizing additive.

Table 1 - Results of local Micro X-Ray Spectral Analysis of composition material bundle B₄C-(Ti-Ni-Mo) with stabilizing additive.

Analysis points	Concentration, atom. %				Phase
	Ti	Ni	Mo	La	
1	61,722	4,251	34,884	-0,857	(TiMo)C
2	0,271	3,784	9,556	86,389	Supposed MoLa ₂ O ₃
3	67,174	33,168	0,541	-0,883	Ti ₂ Ni
4	86,771	0,170	13,47	-0,787	(TiNi)Mo
5	51,572	43,278	6,017	-1,037	(TiNi)Mo
6	85,202	0,873	14,963	-1,037	(TiMo)C
7	99,999	0,918	0,001	-0,918	Ti

References: 1. Roman O.B., Dubrovskaya G.N., Korotkina M.N. Getting of dispersion-strengthened materials on the base of nickel and iron by thermic restoration of sedimentary hydroxides. Materials of conference « Metalloce-ramic process in chemistry and metallurgy », « Nauka », Novosibirsk, Siberian department, 1971, 364p. 2. Dubrovskaya G.N. Method of preparation of disper-sion powders for electronic microscopic research. N7. T.60.1994. 3. Du-brovskaya G.N., Olexsenko N.V. Research of structure stabilization and qual-ity of boor carbide-bundle alloy. Thesis report at X Russian Symposium in raster electronic microscopy. June, 1997. 4. Belousov V.Y., Lutsak L.D., Pilipchenko A.V. Machine for test of firm materials in friction-sliding condi-tions. Thesis report at the Third Moscow scientific conference, M.1987, page 182-183.

THE INCREASE OF SURFACE QUALITY BY VIBRO-ROLLING

Nagiț, Gh., Slătineanu, L., Luca, L.

(Technical University „Gh. Asachi”, Iasi, Romania)

Surface work-hardening by vibro-rolling allows either to obtain a grooved surface that assures a better lubrication, or different types of microrelief that makes possibly better quality features. This paper presents the influences of input parameters on remanent stresses, rugosity and smoothing degree at vibration surface work-hardening of OL 60 steel, and the mathematical models of the output parameters.

INTRODUCTION

Surface work-hardening by vibration is a perfected process, by that it increases the efficiency of the deformation with the help of a vibration motion of the deformation element, along the sample's rotational axis. A device was build, mounted on a traditional lathe. It allows a large variation of input data.

CONSIDERATIONS ABOUT THE EXPERIMENTAL PLAN

A researching plan was carried out, to allow a minimum number of experiments, a large number of conditions and a measuring possibility of output data. To model the output data, a complete factorial plan was used. Samples were made of OL 60 steel, cut of from the same rolled bar. The had in view output parameters were: rugosity (R_a) of the worked surface, smoothness degree (λ_n) and remanent stresses (ΔD). The kind of experiment was complete orthogonal factorial, type 2⁶; the Yates algorithm was used to determine the research points. Three samples for each point and a semnification threshold $\alpha=0,05$ were considered. The traditional mathematical modelling was completed with a matriceal modelling of Sisson and Vigier, together with the experimental modelling of Taguchi. The input levels of the input parameters were varied by considering the technical possibilities of the installation.

The operation was carried out in presence of hydraulic oil H20. The initial rugosity of samples was not considered as an input parameter (it was constant), but its value was used to determine the smoothness degree. The last operation before surface vibration work-hardening was a fine turning. The samples' diameter was 60 mm.

SETTING THE TRADITIONAL MATHEMATICAL MODEL

A traditional model that states the interdependence between the dependent parameters and the independent ones has the following form:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_m) \quad (1)$$

Processing of the experimental data involves deriving the coefficients of the dependence polinoms between the input and the output values and the statistical analysis of results. If the model (1) is a linear or a linearizable equation, the coefficients are to be derived through least-squares-method. Before that, the distribution of results and the homogeousness of dispersion must be verified. Irwin, Romanovski or Grubbs test must be applied. The factorial experiment was used and it was verified by applying Cochran, Student and Fischer tests. The statistical calculations are described in equations (2), (3), (4).

$$S_{vk}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (v_{ki} - \bar{v}_k)^2}{n-1} \quad (2)$$

$$G_{\max} = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{k=1}^N S_{vk}^2} \quad (3)$$

$$F_{\max} = \frac{S_{rem}^2}{S_v^2} \quad (4)$$

RESULTS AND CONCLUSIONS

A complete-new microrelief (especially a polyhedral type IV one) means a decrease of rugosity of work-hardened surfaces, whether the working parameters are proper. The *smoothing degree* of surfaces is described by equation (5).

$$\lambda_n = \frac{R_{ain}}{R_a} \quad (5)$$

The following analyses were performed: verifying the possibility to model through linear functions, deriving the coefficients and statistical testing; if the response is positive, the analysis stops here; if negative, whether the model cannot be a linear or a linearizable function, an other type of function is selected, on the basis of Gauss criterion.

The regression relations (7), (8), (9) and (10) were used.

$$y = a_0 + \sum_{k=1}^6 a_k \cdot u_k \quad (7)$$

$$y = e^{a_0 + \sum_{k=1}^6 a_k \cdot u_k} \quad (8)$$

$$y = a_0 + \sum_{k=1}^6 i_k^{a_k} \quad (9)$$

$$y = a_0 \cdot \prod_{k=1}^6 i_k^{a_k} \quad (10)$$

From there, one can notice the following: Cochran test being positive, that means valid results; Equation (7) - (10) show that input parameters are very important on the output ones; The bad result of the adequance test shows that the approximation of output parameters by hyperplanes is not good. That fact led to finding other models. The Gauss criterion was performed (see relations (11) - (15)). Equation (16) describes the mathematical model for the rugosity of the vibro-rolled surface. The cumulative effects of the input parameters on the rugosity are often contradictory. Influence on the feed is very large. The amplitude of vibrations has an important effect. A very contradictory effect has the rotational frequency of part. In general, it's difficult to assess the meaning of each factor and their interaction.

$$y = a_0 + a_1 i_1 + \dots + a_n i_n \quad (11)$$

$$y = a_0 + a_1 i_1 + a_2 i_1^2 + \dots + a_n i_n + a_n i_n^2 \quad (12)$$

$$y = a_0 \cdot a_1^{i_1} \cdot a_2^{i_2} \cdot \dots \cdot a_n^{i_n} \quad (13)$$

$$y = a_0 \cdot i_1^{a_1} \cdot i_2^{a_2} \cdot \dots \cdot i_n^{a_n} \quad (14)$$

$$y = a_0 + \frac{a_1}{i_1} + \dots + \frac{a_n}{i_n} \quad (15)$$

$$R_a = 5.68 \cdot 10^{-2} \cdot 1.002^n \cdot 637.68^f \cdot 0.8999^F \cdot 0.8999^{n_{cd}} \cdot 4.367^{2e} \cdot 0.8916^{db} \quad (16)$$

The model of the smoothness degree is described by equation (17). It shows that the rotational frequency has an important effect on smoothness degree.

$$\lambda_n = 0.233 \cdot n^{-0.495} \cdot f^{-0.452} \cdot F^{0.383} \cdot n_{cd}^{0.625} \cdot 2e^{-1.326} \cdot db^{0.93} \quad (17)$$

Equation (18) represents the model for the remnant strain. The influence of input parameters is difficult to determine on the basis of it. Only the amplitude has an obvious influence.

$$\Delta D = 51.29 - 0.014n + 4.63 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 - 77.9 \cdot f + 20528 \cdot f^2 + 0.0716F + \\ - 634 \cdot 10^{-5} F^2 + 6.93 \cdot 10^{-3} \cdot n_{cd} - 13 \cdot 10^{-6} \cdot n_{cd}^2 - 4.09 \cdot 2e - 4.71 \cdot (2e)^2 - 0.38 \cdot db + 0.04 db^2 \quad (18)$$

As a general conclusion: Model set on statistical-mathematical basis do not correspond from the point of view of their adequance; so, a model on the basis of a comparison criterion is necessary, as Gauss. Those criteria allow partly conclusions on influences of input parameters, individually considered.

Considerations mentioned by now led to the necessity of studying each input parameter on the main geometrical characteristics, such as rugosity, smoothness degree and to the use of the matriceal modelling.

References: 1. Sneider, Iu.G. - Ekspluatatorionnoe svoistva detalei s regularnym mikroreliefom, Leningrad, URSS: Ed. „Mashinostroenia”, 1982. 3. Pillet, M. - Introduction aux plans d'experiences par la methode Taguchi. Cachan, France: Universitate de Cachan, 1992;

THE USING VIBRO-ROLLING FOR INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF MACHINERY PARTS

Nagîț, Gh., Braha, V. (Technical University „Gh. Asachi”, Iasi, Romania)

This paper presents the influences of the work technological route of friction couplings, on some factors that characterise their durability. A surface work-hardening final operation is suggested on purpose to increase their wear resistance. Friction couplings have been studied, consisting of a shoe and

sample worked by turning, grinding, surface ball work-hardening, surface diamond work-hardening and surface work-hardening by vibration. The friction torque and the friction index have been obtained and interpreted.

INTRODUCTION

The initial state of the contact surfaces, that means their rugosity and physical and mechanical features, has a great importance for machinery running. Research has shown that parts failure is due rather to wear processes than to mechanical and thermal loads. Insufficiency or even absence of lubricant should also be considered. The contact surface resists better if it has grooves (cells), symmetrically or accidentally ordered, in which oil might stay. Surface work-hardening processes are able to make such grooves, together with an increasing of surface hardness, so that running characteristics of parts be enhanced.

STRUCTURE OF THE EXPERIMENTAL SYSTEM

To make a comparison between various machining and surface work-hardening processes, samples made of OLC 45 steel and 25 mm length were prepared. They were cut off from the same rolled bar and fastened together through a mandrel. The exterior diameter of 60 mm was obtained by turning, grinding, surface ball work-hardening, surface diamond work-hardening or surface work-hardening by vibro-rolling. A surface work-hardening device was built, to allow the change of the deformation element and the use of different operating conditions. The ball vibrational work-hardening and the diamond vibrational work-hardening led to four types of microrelief, depending on the feed, the other parameters being constant: type I - uncrossing grooves, type II - tangential grooves, type III - partly overlapping grooves, and type IV - overlapping grooves, the whole surface being worked. Criteria of assessing the wear resistance of the processed parts were: decrease of dimensions during

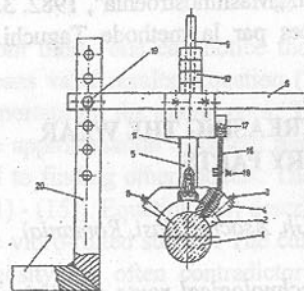


Fig.1. The device scheme.

transducers is mounted. That semi-bridge mounting allows compensation of

longitudinal stresses and of temperature. Through the rod 5 the loading of the system with weights 10, set on the support 9 that goes on the rod 6. Thus, the bending moment was theoretically canceled.

Figure 2 shows the measuring system of wear resistance. The sample was fastened on the mandrel 12 and this assembly was set between centring points. The point in the chuck was firstly conical formed on the very operating lathe, for eliminating the radial run-out. The friction torque is changed by the rod 5 into a bending moment that is caught out by the strain transducers. The information goes through the bridge 14 to the XY recorder. The lubrication conditions were adjusted through the screw 18. The values measured by this device are: the friction torque between the sample and the shoe, the friction index and the friction force between the sample and the shoe. Equations (1), (2) and (3) describe all those. The gauging of the installation is not told in this

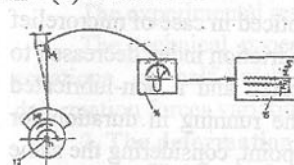


Fig.2. The measuring system of wear resistance.

paper.

$$M_f = r \cdot F_f \quad [\text{Nxm}] \quad (1)$$

$$F_f = \mu \cdot N_a \quad [\text{N}] \quad (2)$$

$$\mu = \frac{M_f}{m \cdot g \cdot r} \quad (3)$$

The operating conditions were: the rotational frequency of spindle - 800 rot/min, oiling of 12-14 drops/min or without oiling, the pressing load - 550 N. The results are in tables 1 and 2. The experimental plan aimed at continuing the research for samples with the least wear; so, experiments by vibrational work-hardening, which led to type III microrelief, were repeated for other operating conditions.

RESULTS AND CONCLUSIONS

Figure 3 shows the running in duration subjected to the operation type and figure 4 shows the variation of the friction torque and index in terms of the number of rotations of the sample. An analysis of the data shows that the friction load is larger for a non-oiled process and for machining processes. Samples work-hardened by vibro-rolling have more less friction index than those work-hardened by ball or diamond point, due to the existence of microrelief cells (type IV). They are uniformly set and act as efficient "oiling pockets". Very important is the uniformity of the round radius of those cells. It is a question what happens in case of occurring grooves, when the hardening of surface is just partly. However, if oil misses, the previous explanation is not good. It could be the aero-dynamic form of grooves and that the friction abrasive microspalls gather in those grooves. Also, the possibility to increase the supporting area by increasing the number of contact areas.

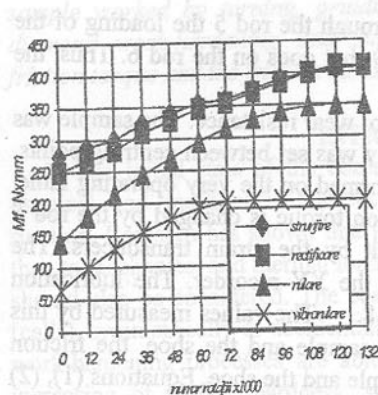


Fig. 3.

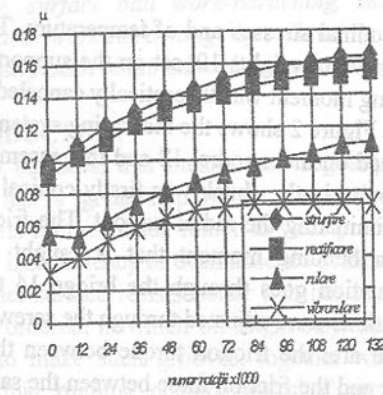


Fig. 4.

A minimum valued running in duration was noticed in case of microrelief type III, in comparison with turning or grinding. The friction index decreased to a half, too. That assertion is valid both a lubricated and a non-lubricated process. Interesting to notice the equivalence of the running in duration for vibrational work-hardening by ball and by diamond point, considering the same microrelief type. All the situations researched proved that work-hardening is better than machining from the point of wear resistance. That makes them better for industrial application.

References: 1. Sneider, Iu.G. - Ekspluatatsionnoe svoistva detalei s regularnym mikroreliefom, Leningrad, URSS: Editura „Machinostroenie“, 1982. 2. Kraghelschii, I.V., Mihin, N.M. - Uzlz trenia masin, Spravocinik. Moscova, URSS: Editura Masinostroenie, 1984; 3. Nagoya, Gh. - Contribuții teoretice i experimentale cu privire la prelucrarea prin vibrare. Ph.D. work. Iasi, Romania, Technical University. „Gh.Asachi“, 1997.

SOME THEORETICAL CONSIDERATIONS CONCERNING COLD PLASTIC DEFORMATION OF MATERIAL FOR FORMING EXTERIOR GROOVES

Dumitru Nedelcu and Octavian Pruteanu
(Technical University „Gh. Asachi” of Iasi, Romania)

1. Introduction

The cold plastic deformation has some advantages such as:

- don't results splinder during the process and destoid the surface fibreage,
- growing-up the methal structure and surface quality also;

- the growing-up the hardening surface and in many cases we can renounce at thermal treatment, so result the reduced price;
- low tools consumption and high productivity;
- the growing-up the life-time of pieces;
- the cold plastic deformation technology is cheap and simple and can be put into practice in all machine manufacturing departments using existing machine tools.

To the Machine Machine Manufacturinf Technology Department from Technical University of Iasi - Romania was formed exterior grooves with different profiles (triangular, involute and rectangular profile). That's why the deformation material of half-finish product is very important to improve the precision of formed grooves. We know the clasical cutting processes with high production price and the large applicability of grooves shaft.

The experimental researches was made using MURF 32 machine-tools.

The technical papers follows to determinate the deformation material ecuations of half-finish product and some conclusions concerning the deformation forces variation.

2. The deformation ecuation of half-finish product

The figure 1 presents the scheme of ecuation determination, where the deformation motion of tools (1) begin on «1» point or «2» point (depends by rotation way on MURF 32 machine tools) and about on half-finish product (2) (A detaile, figure 1a).

There is a F_i expand force of material which is leads the material on top of grooves formed. For the vertical axis the echilibrium ecuation is:

$$dF_r = (F_i + dF_i) \cdot \cos(90 - \frac{d\alpha}{2}) + F_i \cdot \cos(90 - \frac{d\alpha}{2}) \quad (1)$$

If we take into account $\sin \frac{d\alpha}{2} \approx \frac{d\alpha}{2}$ and ignotable the infinitesimal quantity, results:

$$dF_r = F_i \cdot d\alpha \quad (2)$$

On the circumference direction the echilibrium equation is:

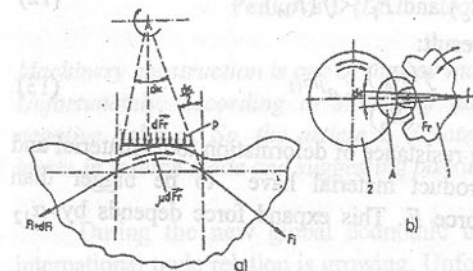
$$F_i + \mu dF_r = F_i + dF_i \quad (3)$$

and results:

$$dF_i = \mu dF_r \quad (4)$$

Fig. 1.

Carry on if we consider the relation (2) from relation (4) results:



$$dF_i = \mu F_i d\alpha \Rightarrow \frac{dF_i}{F_i} = \mu d\alpha \quad (5)$$

Integrate the equation (5) on all contact length results:

$$\int_1^2 \frac{dF_i}{F_i} = \mu \int_1^2 d\alpha \Rightarrow \ln \frac{F_i^2}{F_i^1} = \mu \alpha_{12} \quad (6)$$

$$\text{or} \quad F_i^2 = F_i^1 \cdot e^{\mu \alpha_{12}} \quad (7)$$

So, the deformation of half-finish product is minimum on «1» point and maximum on «2» point.

But, if we take into consideration the following relation:

$$dF_r = p R_{scd} \cdot d\alpha \quad (8)$$

where p is the uniform distributed force on contact surface we can write as follow:

$$p R_{scd} d\alpha = F_i d\alpha \Rightarrow p = \frac{F_i}{R_{scd}} \quad (9)$$

The maximum force is:

$$p_{\max} = \frac{F_{i\max}}{R_{scd}} = \frac{f(R_m)}{R_{scd}} \quad (10)$$

and minimum force is:

$$p_{\min} = \frac{F_{i\min}}{R_{scd}} = \frac{f(R_c)}{R_{scd}} \quad (11)$$

where: R_m is the tearing resistance of deformation tools material; R_c is the flow resistance of half-finish product material.

That's why the cold plastic deformation is available if:

$$F_i^1 > f(R_c) \text{ and } F_i^2 < f(R_m) \quad (12)$$

taken into account the relation (7) result:

$$\frac{f(R_m)}{f(R_c)} > e^{\mu \alpha_{12}} \quad (13)$$

So, the ratio between tearing resistance of deformation tools material and flow resistance of half-finish product material have to be bigger than exponential increase of expand force F_i . This expand force depends by α_{12} angle (the height of grooves).

Taken into consideration the relation (10) and (11) we can write another types form of minimum and maximum force, such as:

$$F_{\max} = p_{\max} \cdot S_c = \frac{f(R_m)}{R_{scd}} \cdot S_c \quad F_{\min} = p_{\min} \cdot S_c = \frac{f(R_c)}{R_{scd}} \cdot S_c \quad (14)$$

where S_c is the contact surface between half-finish product (1) and tool (2), shows in figure 2.

This contact surface is depend by deformation moment, that's why its can be a simple surface (figure 2a) for starting deformation process and complex one (figure 2b) during the effective process.

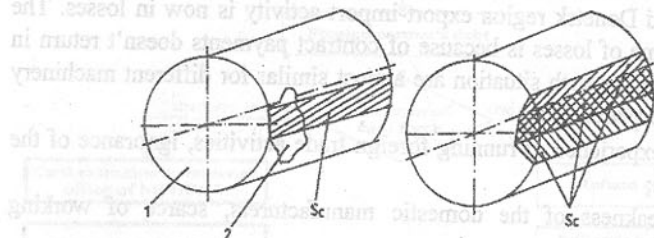


Fig.2.

References: 1. CIRP ANNALS, 1991, Manufacturing Technology, vol.30/1/1992. 2. Dumitru Nedelcu «Equipment for hardening exterior grooves using cold plastic deformation» 5th International DAAAM Symposium, Maribor – Slovenia Republic, october 1995. 3. Dumitru Nedelcu, Hassan Al-Nakeeb «The stress analysis of the exterior grooves using method of finite element», Iasi – Romania, 24-25 May, 1996. 4. Dumitru Nedelcu, Octavian Pruteanu «The displacements, reactions and precision on deformation tools» Wien – Austria, October 1996.

MEASURES OF EXPORT-IMPORT CONTROL ON THE MACHINERY CONSTRUCTING ENTERPRISES

Penkova I. (DSTU, Donetsk, Ukraine)

Machinery construction is one of the key industries in foreign trade of Ukraine. Unfortunately, according to statistical data, its enterprises, as usual, has negative balance. So, the article is devoted to the analysis of the reason of losses in foreign trade and suggesting possible ways out.

During the new global economic order formation the importance of international trade relation is growing. Unfortunately, nowadays Ukraine is just trying to enter the new for us level of relations. And being on this way, any country intending to develop international market is to work over the own foreign economic conception and, taking it as a base, adopt effective legislation for foreign economic activity of the country. On one hand the advantages of

free international trade are obvious, but on the other hand it's difficult to overestimate the role of the state control.

In spite of obvious advantages of free trade between countries different theories of international trade insist that free international trade should be controlled by states. There are several reasons for this. The comparative results of Ukrainian and Donetsk region export-import activity is now in losses. The substantial volume of losses is because of contract payments doesn't return in Ukraine. *Reasons* for such situation are almost similar for different machinery constructing enterprises [1]:

- Absence of experience of running foreign trade activities, ignorance of the rights and duties;
- Financial weakness of the domestic manufacturers, scarce of working capital;
- out-of-date technological potential;
- high cost price and noncompetitiveness of Ukrainian production;
- poor quality of the goods;
- long registration of the documentation for fulfillment of the bargain;
- complexities, created by customs house;
- absence of primary control of the future contractor.

The important reason of losses is absence at local offices of Ministry of Foreign Economic Tires and Trade (MFET&T) power on registration and control of separate kinds of the foreign economic contracts. For example, the contracts on a sum more than \$1.500.000 are subject to registration in Kiev in MFET&T. In case, the registration card of contract is over and delivery is not paid, a producer of goods will be obliged to prolong the registration card in Kiev. It will take much time and effort and, as usually it leads to debts.

Fortunately there are some *ways out* for machinery constructing enterprises [2]:

- to consult regularly to the lawyer with the purposes of study of the rights and duties at an starting the international market;
- to find opportunities for updating out-of-date technological potential;
- to lower the cost price of Ukrainian production;
- to give attention to increase of quality of the goods;
- realization of the future contractor's primary control.

As for registration card of contract prolonging and its influence on amount of losses, the following model is proposed (figure 1).

The measures mentioned above will permit Ukrainian producers of machinery to return the major of the foreign partner's debt.

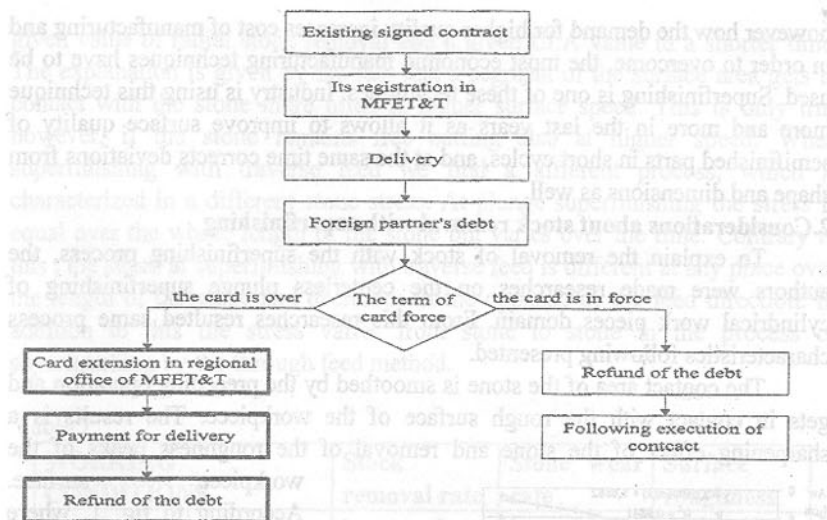


Fig. 1. The algorithm of contract registration improvement.

References: 1. Robert Grosse & Duane Kujawa, *International Business*. 2nd. ed. USA: Irwin, 1992, p. 6-439 2. И.С. Гринько, *Внешнеторговые сделки*. Сумы: Фирма "Риал", 1994, с. 12-29.

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL CONTRIBUTIONS SUPERFINISHING PROCESS

Sarbu I., Paraschiv D., Anitei M.

(Technical University «Gh. Asachi», Iassy, Romania)

Superfinishing serves as a fine machining method for workpieces that have to qualify for best surface finish and shape accuracy. The description of the various methods of superfinishing is followed by the major factors that influence the removal of stock and the cutting fluid. In addition to this some typical superfinishing jobs from the ball bearing, automotive and machine tool industries demonstrate the wide range of application and the economics of the this modern fine machining method.

1. Introduction

The continuously increasing demand for improved geometrical accuracy, better performance and longer life has made methods for fine machining of implements and machine parts more and more important. Everybody knows

however how the demand for higher quality increases cost of manufacturing and in order to overcome, the most economic manufacturing techniques have to be used. Superfinishing is one of these techniques. Industry is using this technique more and more in the last years as it allows to improve surface quality of semifinished parts in short cycles, and at the same time corrects deviations from shape and dimensions as well.

2. Considerations about stock removal with superfinishing

To explain the removal of stock with the superfinishing process, the authors were made researches on the centerless plunge superfinishing of cylindrical work pieces domain. From this researches resulted same process characteristics following presented.

The contact area of the stone is smoothed by the preceding operation and gets in contact with the rough surface of the workpiece. The results is a sharpening effect of the stone and removal of the roughness peaks of the workpiece surface.

According to fig. 1, where A_w is radial stock removal, V_{st} is stone wear and CLA is centre line average, the first phase of superfinishing produces a large radial stock removal and a large decrease in surface roughness, marked by the centre line average (CLA) value. This phase is also significant for the largest stone wear. Further on in the superfinishing process the bearing surface of workpiece is increasing, the specific stone pressure decreases and the cutting area of the stone is smoothing off. Therefore the incline of radial stock removal and stone wear is reduced. The CLA value decreases in a asymptotic

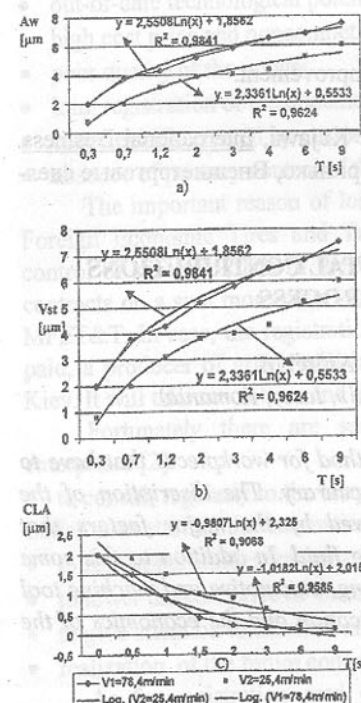


Fig. 1 (a,b,c) Radial Stock Removal, Stone wear and Surface Roughness by plunge Superfinishing

manner. Fig.1 shows also, that a higher surface speed of workpiece produces a

given value of radial stock removal and a given CLA value in a shorter time. The explanation is given by the fact that a segment of the surface area gets in contact with the stone more often at higher surface speed. This is only true however, if the stone remains free cutting also at higher speed. When superfinishing with traverse feed we find a different process, which is characterized in a different stone stress. At plunge superfinishing the stress is equal over the whole length of the stone but varies over the time. Contrary to this, the stress at superfinishing with traverse feed is different at any place over the length of the stone and decreases in the opposite of the feed direction. In addition to this the stress varies from stone to stone in the process of superfinishing by the through feed method.

Table 1.

WORKING CONDITIONS		Stock removal rate	Stone wear rate	Surface roughness
Oscillation frequency	increased	increased	increased	decreased
Oscillation stroke	increased	increased	increased	Increased
Work speed	increased	increased	decreased	decreased
Specific stone pressure	increased	increased	increased	Increased
Grite size	finer	decreased	decreased	decreased
Stone grain	increased	decreased	decreased	decreased

In condensed form Table 1 shows for plunge superfinishing how working conditions influence in tendency the stock removal and stone wear rate and the surface roughness. Reference should be made here that the trend for superfinishing today is to higher oscillation frequencies and more so to higher work speed, as this results in a significant increase in stock removal rate and reduction in honing time. Superfinishing process and the result are mainly influenced by the following factors: workpiece quality prior to superfinishing, machine condition, machine settings, fluid and stone quality.

References: 1. H. FRANK – Superfinishing – the economic fine machining method, Gueilleume-Werk, Bonn, Germany, 1978 2. Sarbu I, - Superfinishing proceess PhD Paper, Iasi 1996

SUPERFINISHING PROCESS OF THE BEARING RACES

Sarbu I., Pruteanu O.V., Antohe I.

(Technical University «Gh. Asachi», Iassy, Romania)

The paper presents results obtained in research experiments concerning the surface finishing carried out in the Department of Manufacturing Technology, Technical University «Gh. Asachi», Iassy. These are presented researches in establishing of the work parameters influence to the bearing quality after SUPERFINISHING process.

1. THEORETICAL CONDITIONS.

Superfinishing process is largely used in the final stage of the surfaces processing (internal and external cylindrical surfaces, plane surfaces and bearing races) for which quality and rigorous precision conditions are needed. In case of superfinishing, the cutting speed can be computed by geometrically summing the movement speed of the working part and the movement speed of the tool. We may increase the cutting speed by increasing the revolution speed of part, of the bar or both.

2. EXPERIMENTAL EQUIPMENTS AND PROCEDURES.

Experiments were carried out at S.C. Rulmentul SA Bârlad on a SF81M superfinishing machine for bearing races, using the following parameters: oscillation frequency, $\nu = 217$ rot/min; machining time, $t = 5-50$ sec; working pressure, $= 2,8$ kgf/cm²; piece rotation, $= 622$ rot/min; oscillation angle, $\alpha = 18^\circ$. A proper software, written in Turbo Pascal language, was used in order to find

the closest function, which approximates bet the experimental data obtained as multidimensional strings. The approximation criteria were the minimum of the Gauss sum on eleven different types of functions. In order to draw the dependence of the roughness on the parameters, data were introduced as worksheet in

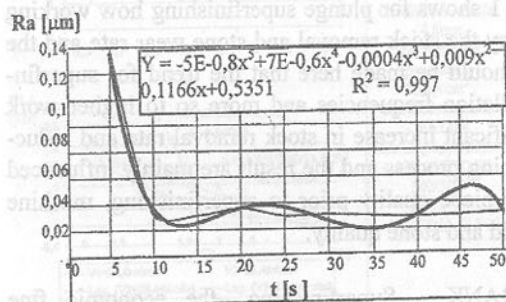


Fig.1 Surface roughness Ra vs. working time t

a Microsoft-Excel 5.0 program. Data in the graphs represent the average of three experimental values.

3. EXPERIMENTAL RESULTS.

Fig. 1 shows the influence of the working time t on the R_a parameter. A minimum of the roughness ($R_a = 0,02 \mu m$) can be observed at $t = 13$ s, then an increasing tendency, the minimum roughness value being at $t = 220$ s.

Fig. 2 shows the influence of the oscillation angle α on the surface roughness R_a , a minimum value can be observed for $\alpha = 18^\circ$. For small values of the oscillation angle, the surface roughness of the bearing race is bad because it can not be completely machined (the surface ends are not processed).

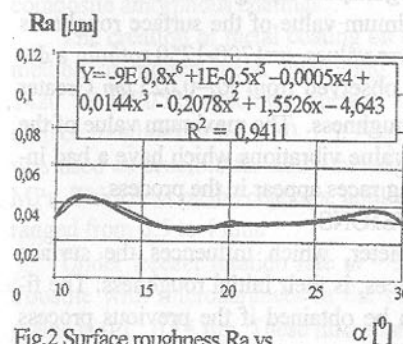


Fig.2 Surface roughness Ra vs. oscillation angle α

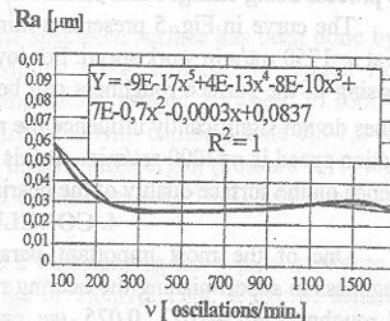


Fig.3 Surface roughness Ra vs. oscillation frequency ν

For large values of the oscillation, $\alpha = 20-30^\circ$, the surface quality is badly influenced due to the vibrations which characterize the process.

The influence of the oscillation frequency on the surface roughness is

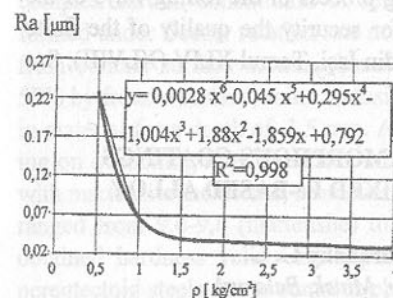


Fig.4 Surface roughness Ra vs. working pressure p

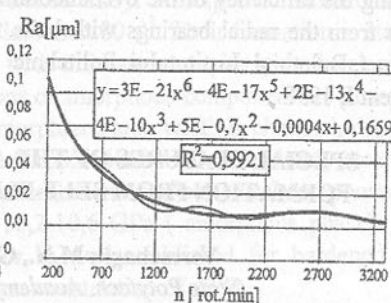


Fig.5 Surface roughness Ra vs. work rotation speed n

presented in Fig.3. For low values of the frequency, together with its increased

to 500-600 osc/min, a sharp decreasing of the surface roughness to $Ra=0,023 \mu m$ can be observed then, for 1000-1100 osc/min its influence is insignificant.

In fig.4 is presented the influence of the working pressure p on the surface roughness. Together with pressure increasing to $p=1,5 \text{ dan/cm}$ a sharp decreasing of the surface roughness from $Ra=0,22 \mu m$ to $Ra=0,025 \mu m$ can be observed.

This is due to an intensive cutting. Greater values of the working pressure do not influence significantly the surface roughness of the bearing races, the process being changed into surface irregularities laying down one.

The curve in Fig. 5 presents a minimum value of the surface roughness Ra at $n=1750 \text{ rot/min}$ work speed. For lower values, $n=1700-1750 \text{ rot/min}$ a decreasing of the surface roughness can be observed from $Ra=0,025 \mu m$. Greater values do not significantly influence the roughness. The maximum value of the rotation speed is $n=3000 \text{ rot/min}$. At this value vibrations which have a bad influence on the surface quality of the bearing races appear in the process.

4. CONCLUSIONS

One of the most important parameter, which influences the surface roughness in superfinishing the bearing races, is their initial roughness. The final roughness $Ra=0,023...0,025 \mu m$ can be obtained if the previous process (grinding) leads to $Ra=0,4-0,45 \mu m$.

References: 1. Badea S. Contributions about new methods of superfinishing of surfaces, I.P.Iassy 1975. 2. Ionel Sârbu - «Cercetari privind supranetezirea cailor de rulare ale inelelor rulmentilor radiali cu bile», Ph.D.Report, Iasi, 1996. 3. Ionel Sarbu, Paraschiv Dragos. Consideration concerning the efficiency of the oversmoothing process of the rolling ways of the rings from the radial bearings with balls for security the quality of the finite product, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Tomul XLIV (XLVIII), Supplement I, 1998

SPECIAL FEATURES OF THE AMORPHOUS COATINGS FORMATION FROM SELF-FLUXED Fe-BASED ALLOY

Vereschagin M.N., Goransky G. G.
(State Polytech. Academy, Minsk, Belarus)

The investigation is concerned with the process of rapid solidification for the amorphous coatings formation. The influence of the main parameters of the process on the mechanical properties of the coatings was shown. It is estab-

lished that amorphous coatings from self-fluxed Fe-based alloys can be used for hardening of part's surfaces, working under high wear conditions.

The intention of this article is the outline of structureforming peculiarities of wear-resistant amorphous coatings of self-fluxed alloy on the base of Fe-Cr-B-Si system under molten metal quenching process; X-ray analysis of the coatings, applied under high freezer speeds, that determine the rate of molten metal quenching and also the estimation of adhesive strength and wear-resistance of composite amorphous coatings.

The creation of metal coating on the specimen surface has been done by a method of molten metal quenching. Molten metal temperature ranged from 1420 to 1570°C; specimen surface temperature ranged between 20...600°C; surface roughness - $Ra=80...1,5$. A quartz tube with capillary hole 0,8-1,0 mm was used as crucible for alloy melting under gauge argon pressure 0,15...0,20 MPa. Thickness of the coatings, applied on the steel (0,45% C) specimen was ranged from 0,5 to 4 mm.

Under freezer rotation rate $\omega=20 \text{ s}^{-1}$ the coating has typical structure of troostite with microhardness in the range of 7,0...7,2 GPa, a size of separate grains is 0,1...0,15 μm . These microhardness H_{μ} values appreciably exceed over troostite microhardness of hypereutectoid steel with carbon content 1,0...1,1%. It is connected with specific phase constitution of the material. The enhancement of freezer rotation rate ω up to 40 s^{-1} brings to formation of martensite structure in contact zone from the side of the coating; microhardness H_{μ} is stabilized at a level of 9,8 GPa that exceeds normal martensite microhardness value, which is equal to 9,0...9,2 GPa. Indicated condition is also caused by complex carbon constitution of self-fluxed alloy. Amorphous inclusions are formed under freezer rotation rate no less than 80 s^{-1} . Their formation is started from contact surface «coating-base» with ultimate amorphization level about 50% by freezer surface; some inclusions of amorphous component are observed in material for a depth of 1,5 mm. Amorphized area width is changed, depending on quenching rate. The areas of amorphized material is randomly arranged with martensite inclusions, moreover microhardness of structural components is ranged from 9,6-9,8 (martensite) to 10,2-10,6 GPa (amorphous phase). The obtained hardness values are superior to well-established for hardened hypereutectoid steels due to complex phase constitution of alloy.

X-ray phase analysis of primary standard material and the coatings, produced under different quenching rates of molten metal, testifies, that for the structures of ferrite-perlite-type with different degree of dispersion alloy composition is close to the following: solid solution on the base of $\alpha\text{-Fe}$ (42-46 vol.%), cementite Fe_3C (8-12%), iron borides FeB , Fe_2B , Fe_3B , Fe_4B_3 (12-18%),

silicides CrSi, FeSi, (6-8%), composite compounds (Cr,Fe)₇C₃; FeC₂O₄ (7-9%) etc.; at martensite formation a drastic change of phase content is under way: the increase of solid solution on the base of α -Fe (up to 58-60%), and reduction of cementite content up to 2-4%. Essential change of other component content is not observed.

Adhesive strength of «coating-base» system was assessed through shear-test by way of split under loading rate 0,25 m / s. Conducted tests showed, that adhesive strength level of the compositions drops as quenching rate is increased under application of metal coating. The most adhesive shear strength (τ_{shear} = 220 MPa) was noted, when the coating has troostite structure. Martensite appearance leads to decrease τ_{shear} from 140 up to 60 MPa. For amorphous layer τ_{shear} less than 40 MPa. In that event the failure had pronounced brittle character.

Wear tests have been executed according to scheme «disk-chassis connector» by test installation «2070CMT-1» type in oil-abrasive mixture. Slip rate approximated 0.83 m / s, pressure -2,45 MPa, test base -8*10³ of sample revolutions; as counter-body was used cast iron. The wear has been defined as difference of pre-and post-test sample dimension on perpendicular surfaced in two sections. The specimens of produced coatings for wear tests have been wearied out in oil-abrasive medium, consisted of 7 mas % silicon carbide with grit size 4-5 μ m and machine oil. The specimens of standard composition (steel 45, after high-frequency current hardening), the coatings of Fe-Cr-B-Si-system (coating application by conventional technology and by high-speed deposition by welding with troostite-martensite structures and amorphous layer) have been tested. The test results are tabulated in Table 1.

In view of fact that amorphous layer was formed by the contact surface with base and was extended for only small depth that is why preliminary grinding of the samples was being carried out. It should be pointed out that there is a need to restrict by coating thickness 1,0 mm on further conducting of investigations and adjustment of the process. Executed researches showed that run-in-period virtually is lacking for the coatings with amorphized layer, a tendency to seizure is decreased, however a flaking of local microvolumes of the material took place, friction surface was become coated with developed microcracks network. These effects were most conspicuous by increase of coating thickness with amorphous component (from 0,6 to 1,2 mm).

Table 1. Characteristics of the coatings in relation to the production technology.

Material	Coating hardness, HRC	Rate of wearing, 10 ⁻⁹		Coefficient of friction	
		sample	counterbody	oil + abrasive	without lubricant
Steel 45	50 - 52	6,8	2,2	0,13	0,21

(frequency current hardening)					
Fe-Cr-B-Si (conventional welding)	62 - 64	2,9	4,3	0,14	0,22
Fe-Cr-B-Si	(high-rate quenching of molten metal)				
troostite	62 - 64	2,7	4,3	0,14	0,22
martensite	65 - 68	2,1	4,9	0,13	0,21
amorphous layer, l = 0,6mm	68 - 70	1,6	5,6	0,14	0,19
amorphous layer, l = 1,2mm	68 - 70	1,9	5,6	0,14	0,20

The findings of the investigations cited in Table 1 testify about noticeable reduction of intensity of wearing for the coatings on the base of Fe-Cr-B-Si system with amorphous layer as friction coefficient decreased both with lubricant and without it.

There are some areas with crystal structure of martensite or troostite in large amount (50%) in coating material by contact surface with base even under sufficient rates for amorphization process.

It was founded the elevation of coating wear-resistance with amorphized inclusions in comparison with coarse troostite-sorbite Fe-Cr-B-Si structure under some reduction of friction coefficient. The production possibility of amorphized component in self-fluxing alloy of Fe-Cr-B-Si system enables to advice it as per-spective wear-resistant material.

All results have been achieved thanks to financial support by Fond for Fundamental Researches of Belarus.

OPTIMIZED MODELS OF MODES CHOICE FOR DISPLACEMENT OF TECHNICAL SYSTEMS OBJECTS

Zhak S.V., Sidorenko V.S. (RGU, DGTU, Rostov-on-Don, Russia)

It was developed the common structure of such systems allowing within common scheme to vary the complexity degree of PHMS and the methods of inhibitory efforts supplement. For some systems which are complicated in series

(from two-measured linear system to nine-measured non-linear) puzzles of the most fast zero-ambit getting are solved and two-criterial problems are analyzed.

The working processes which are carried out by the technological machines, as a rule require the shifts of different objects from one set point to another, and more effectively they are realized by means of positional hydro-mechanical systems (PHMS).

The choice of the best PHMS type requires their comparison when the optimum regimes of shifting are used, i.e. the constructing and analysis of optimization models of projected system, complicated by non-linearity of the equals and by the existence at least two criterions of optimality such as speed and accuracy of the positioning.

In such method it is possible to create the universal programming realizations of models for personal computers, to decrease spendings of time and resources for their development and improving of new technical decisions.

In that case the object of investigation is the total hydro-mechanical system of programmed steering, which is covering the different methods of structure-parametric steering of positional machine's shifts. Such PHMS is the complex combined technical system, including multi-mass mechanical (MMS), power hydraulic (HPS) and steering electro-hydraulic (SS) subsystem.

The complete mathematical model of generalized PHMS is described by the system of non-linear differential equals.

The equal of mechanical subsystem:

$$\frac{d^2 z_1}{dt^2} = -a_1 \frac{dz_1}{dt} - a_2 z_1 - b_1 + U_1 + b_2 \frac{dz_2}{dt} - C_1 \varphi(z_1 - z_2) \quad (1)$$

$$\frac{d^2 z_2}{dt^2} = -b_3 - a_3 \frac{dz_2}{dt} - a_4 z_2 + b_4 \frac{dz_1}{dt} + C_2 \varphi(z_1 - z_2) - U_2 \quad (2)$$

Function $\varphi(y)$ describes the effect of gap δ in mechanical subsystem. The equal of hydraulic power subsystem is based on the equals of liquid using balance and Bernoulli:

$$\frac{dp}{dt} = -a_s \frac{dz_1}{dt} - a_6 p + a_7 (x_0 - x) \sqrt{p_H - p}, \quad p = p_1 p_2. \quad (3)$$

The equal of steering device (SS).

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -b_s \frac{dx}{dt} - b_6 x + U_3 \quad (4)$$

a, b - coefficients depending on constructive factors of PHMS and power effects character, etc.

Two first equals (1), (2) suit phase variables z_1, z_2 of two-mass resilient dynamic system. The equals (3,4) describes the changing of pressure difference at the input p_1 and outcome p_2 of hydroengine by means of choker steering by working liquid currents with control parameter x . Steering U is formed by the original hydro-mechanical sensor. The steering of shifts is produced by scheme:

$$U \rightarrow x \rightarrow U_1, U_2 \rightarrow z_1, \frac{dz_1}{dt}, z_2, \frac{dz_2}{dt}$$

By conditions $z(0)=z_0$, we get three-criterial non-linear problem of optimal control: $T\text{-min}, z(T)\text{-min}, N\text{max} - \min (N - \text{power})$.

Because of bulkiness and complexity of equals (1)...(4) there appeared the necessity of simplification and decomposition of complete mathematical model on the consecution of gradually complicated problems from two-measured linear to nine-measured non-linear.

For linear model was reached clear analytic solution and equals for the switching moment tp and minimal time of shift $T\text{-min}$. It was received good consent between the results of experiment, analytic solution and solutions by Neighshtedt's method.

The second stage of simplified PHMS model considers it's MPS as resilient two-mass dynamic system, which is described by equals (1) and (2).

Introduction in simplified models of hydraulic power subsystem (equal (3)), which describes non-linear changing of pressures leads to their noticeable complication. It is possible the equal (4) to ignored and to form the steering by experimental data.

The complete mathematical model consists from nine-measured non-linear system of equals (1)...(4). At it's investigation it was solved the Cauchy's problem by Runge-Kutta's method for different moments of switching. The anticipatory mark of value tp was made by means of investigation and analysis of simplified models. It made possible at the original data to chose such value tp , which would answer to concrete accuracy of positioning. On these accounts Pareto-set of three-criterial problem was stood out there. Optimal construction was received in dialogue with person, who was taking the decision.

The calculating procedures which are advanced for these models make possibility to determine optimum steering, the quantity and coordinates of switching moments of steering and characteristics of steering devices. As the example there is given in the table 1. the results of investigation of rotary hydro-table with hydraulic damping device (variant I) and with hydro-mechanical

steering damping (variant II) at rotation on $Z3=2\pi$. The real regime of work had a limitation of speed and was considered as suboptimum.

Table 1.

Operating condition	Variant PHMS	Z3 rad.	T s	Z(T) rad
real	I	2π	0.456	0.0073
	II	2π	0.449	0.0061
optimum	I	2π	0.248	0.0052
	II	2π	0.162	0.0038

The results of computing experiment give us good consent with natural experiments' data, that proves adequacy of suggested models with investigated processes. The analysis of solutions for the complete model gives us an opportunity to give not only optimal time of positioning, but to investigate the influence of their constructive parameters on speed and accuracy, to appreciate the effectiveness of various structure-parametric steering methods, the changing of phase trajectories at real switch of steering, to think over the heuristic methods of correcting of switch-point in inclinations of steering from nominal and to compare the total problem's solutions with solution of simplified models of PHMS.

The results of work were realized in various supply, transporting and orientating mechanisms.

Reference:1. Sidorenko V.S., Zhak S.V., Kluzhev O.V. Optimization of supply hidrome-chanocal systems on the base of methods of optimal steering. // Hydro-systems of technological and mobil machines. DSTU, Rostov-on-Don, 1995, p.1-14.

О КОНЦЕНТРАЦИИ УСИЛИЙ В ТОНКОМ СЛОЕ ВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИТА

Павелко В. П., Клейнхоф М. А. (PAV, г. Рига, Латвия)

A problem of stress concentration in a thin layer of textile composite under break-up separate fibres had been investigated. Numerically solvable integral-differential equation had been obtained. Influence of geometrical and acerbity parameters on the stress concentration in break-up zones had been analysed.

Рассматривается бесконечная упругая пластинка толщиной δ с упругими константами основного материала E и ν , армированная тонкими прямолинейными волокнами с модулем упругости E_0 и площадью поперечного сечения A_0 . Волокна бесконечной длины параллельны между собой с расстоянием между ними L .

Предполагается, что одно из волокон в сечении $(0,0)$ разорвано и на участке $|x| \leq \pm a$ произошло его отслоение от основного материала (рис.1). Напряжения на бесконечности в пластинке приняты $\sigma_{x\infty} = \sigma$, $\sigma_{y\infty} = \tau_{xy\infty} = 0$.

Это означает, что волокна в бесконечно удаленной точке растягиваются с усилием

$$P_{\infty} = \sigma A_0 \frac{E_0}{E} \quad (1)$$

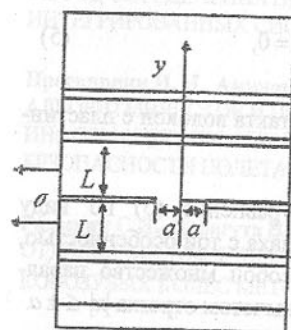


Рис.1.

На рис.2 представлена схема нагружения элементарного участка волокна с номером i , причем $g_i(x)$, есть суммарная интенсивность силового взаимодействия этого волокна с пластинкой. Из условия равновесия следует

$$\frac{dp_i}{dx} = g_i(x) \quad (2)$$

Если ордината точки, в которой рассматривается взаимодействие волокна и пластинки $y_i = iL$, где $i = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, то в точке с координатами x, y_i на пластинку действует элементарная сосредоточенная сила $dX_i = g_i dx, dY_i = 0$.

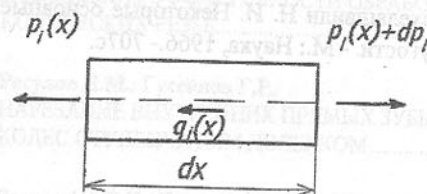


Рис.2.

В соответствии с [1] эта сила вызывает в произвольной точке пластинки элементарную относительную деформацию $d\epsilon_x$, которая может быть определена по формуле

$$2\mu d\epsilon_x = K(x, y, \xi, \eta) dX_i, \quad (3)$$

где $K(x, y, \xi, \eta) = -\frac{1}{2\pi(1+\kappa)} \left\{ \frac{\kappa(x-\xi)}{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2} + \frac{(x-\xi)}{[(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2]^2} + \frac{(x-\xi)[(x-\xi)^2 - 3(y-\eta)^2]}{[(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2]^2} \right\}$,
 принято $\xi = x_i$, $\eta = y_i$ - координаты точки приложения элементарной сосредоточенной силы dX_i , μ - модуль сдвига материала пластинки, а $\kappa = \frac{3-\nu}{1+\nu}$.

Из условия совместности деформации $\varepsilon_x = \varepsilon_0$ следует

$$\int_{\Gamma} d\varepsilon_x = \frac{P_i}{E_0 A_0}, \quad (4)$$

или в конечном виде может быть получено следующее уравнение для определения усилий в волокнах

$$k \int_{\Gamma} K(x, y, \xi, \eta) p'(\xi) d\xi - p(x) = 0, \quad (5)$$

где константа $k = \frac{E_0 A_0}{\mu \delta}$, а $\Gamma = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \Gamma_i$ линия контакта волокон с пластинкой.

Полученные интегро-дифференциальное уравнение (5) по виду близко к уравнению теории крыла конечного размаха с той особенностью, что здесь линия интегрирования представляет собой множество параллельных прямых Γ_i , причем Γ_0 - это прямая, за вычетом отрезка $|x| \leq a$.

Задача решается приближенно численным методом с использованием условия, что в удаленных от зоны возмущения точках $g_i(x) \rightarrow 0$. Дан анализ влияния геометрических и жесткостных параметров задачи на концентрацию усилий в волокнах.

Список литературы: 1. Мусхелашвили Н. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. - М.: Наука, 1966. - 707с.

СОДЕРЖАНИЕ

Польченко В.В., Соловей А.В. ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЗУБЧАТЫХ МУФТ ИЗМЕНЕНИЕМ ПОДАТЛИВОСТИ ВТУЛКИ	3
Польшаков В. И. АЛМАЗНОЕ ШЛИФОВАНИЕ НАПАЙНОГО ИНСТРУМЕНТА ШЛИФОВАЛЬНЫМИ КРУГАМИ С УПРАВЛЯЕМЫМ РАБОЧИМ ПРОФИЛЕМ	4
Попов М.И., Назимко Е.В. МОДЕЛЬ ДИНАМИЧЕСКОГО УЧЕТА ФОНДООТДАЧИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	6
Попов М. Е., Сиротенко О. О. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАТРАТ, В ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	9
Просвирин И. И., Аминов Н. М., Солдаткин В. М. АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА	10
Раздевич С.П., Палагута В.А., Goodman E.D. ОТДЕЛКА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЗУБЬЕВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОСОЗУБЫХ КОЛЕС МЕТОДОМ ВРЕЗНОГО ШЕВИНГОВАНИЯ	13
Ракомсин А.П., Кожуро Л.М., Сидоренко М.И. ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН, ВОССТАНОВЛЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАПЛАВКОЙ	16
Расулов Н.М. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ РАЗНОНАПРАВЛЕННЫХ КОНИЧЕСКИХ РЕЗЬБ	18
Расулов Н.М., Гусейнов Г.Р. НАРЕЗАНИЕ ВНУТРЕННИХ ПРЯМЫХ ЗУБЬЕВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОЛЕС СТУПЕНЧАТЫМ ДОЛБЯКОМ	20
Ратушный В.И., Благин А.В., Благина А.В., Попов А.И., Разумовский П.И. СТРУКТУРНЫЕ И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ВИСМУТСОДЕРЖАЩИХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ A^3B^5	23
Ратушный В.И., Катаев В.Ф., Баласюк М.В., Пономарев С.Б.	

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОТОШАБЛОНОВ ДЛЯ
ОДНОСТОРОННИХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ НА КЕРАМИЧЕСКИХ
ПОДЛОЖКАХ, СТЕКЛОТЕКСТОЛИТЕ И ПОЛИИМИДЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ
КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ И ОБОРУДОВАНИЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ.....26

Ратушный В.И., Овчинников В.А.,
Разумовский П.И., Буданов В.А., Мышкин А.Л.
ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ДЛЯ
ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ.....28

Резников А.Н., Мовла-заде В.З., Самедов М.К., Мамедов А.М.
РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ВНУТРЕННЕМ ШЛИФОВАНИИ
НАКЛОННЫМ КРУГОМ.....30

Рогачев А.В., Щебров А.В., Казаченко В.П., Егоров А.И., Попов А.Н.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВАКУУМНЫХ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ.....33

Рогов В. А., Соловьев В. В., Гузенко Р. В., Мироненко Е. В.
ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ
ПРОЕКТИРОВАНИИ И ИЗГОТОВЛЕНИИ ИНСТРУМЕНТОВ.....35

Родионов Л. Ф., Сумин Д. В., Усов М. В., Янин В. В., Усов В. П.
КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫЕ ЗУБЧАТЫЕ ОРУДИЯ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....38

Ронк Т.А.
НОВЫЕ ПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ
УЗЛОВ ТРЕНИЯ.....39

Руденко П. А.
ПОВЫШЕНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ МЕТАЛЛОВ ЗА СЧЕТ
ОПТИМИЗАЦИИ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ПРИ МЕХАНИЧЕСКОМ
УПРОЧНЕНИИ.....43

Румянцев Н.В.
АНАЛИЗ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С «РАЗОГРЕВОМ» И
ОГРАНИЧЕННЫМ РЕСУРСОМ.....45

Румянцев Н.В., Породинков В.Д.
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ОБСЛУЖИВАНИЯ С
«РАЗОГРЕВОМ» И ОГРАНИЧЕННЫМ РЕСУРСОМ.....46

Рыбалка С.Б., Волков А.Ф., Гольцов В.А.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА КИНЕТИКУ ДИФФУЗИОННОГО
ФАЗОВОГО РАСПАДА СПЛАВА ТИПА Nd-Fe-B ПРИ ВОДОРОДНОЙ
ОБРАБОТКЕ47

Садыхов Р.А., Букалов А.Н., Самедов А.С., Искандеров М.Г., Садыхов А.Г.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ АВИА- И
РАКЕТОСТРОЕНИЯ.....49

Саленко О.Ф., Колесник М.П.
ОПОРИ РІДИННОГО ТЕРТЯ ДЛЯ РОТОРНИХ ГІДРОСТРУМЕНЕВИХ
ГОЛІВКОК.....55

Сахно Ю. А., Федориненко Д. Ю., Чуприна В. М., Сахно Е. Ю.
К ВОПРОСУ АВТОМАТИЧЕСКОГО УРАВНОВЕШИВАНИЯ РОТОРОВ
КОРРЕКТИРУЮЩИМИ ДИСКАМИ.....59

Сенникова Л. Ф., Матросов Н. И.
МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ТОНКОЙ ВОЛЬФРАМОВОЙ ПРОВОЛОКИ, ПОЛУЧЕННОЙ
ГИДРОСТАТИЧЕСКИМ ВОЛОЧЕНИЕМ.....62

Сербин А.Н., Снеговский Ф.П.
ДОСТИЖЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ ТРИБОСИСТЕМ ГЕРМЕТИЗАЦИИ МАШИН.....65

Середа Н. В.
О ДИНАМИЧЕСКОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КАНАТОВ ПОДЪЕМНОЙ
УСТАНОВКИ.....67

Сетлак Г.
ПРИМЕНЕНИЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ В
СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ.....70

Сивер Л.Н., Чернов М.С.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ
ПРИВОДА ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ
НА ВЕЛИЧИНУ ПЯТНА КОНТАКТА.....75

Сидоренко В.С., Чернавский В.А., Сиротенко А.Н.
ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ПОЗИЦИОНИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА
ПОВЫШЕННОГО БЫСТРОДЕЙСТВИЯ.....76

Сизый Ю.А., Рамириш М., Сталинский Д.В.
ДИНАМИКА СТАНКОВ УПРУГОЙ СХЕМЫ ШЛИФОВАНИЯ.....79

Синельщиков А.В.
НЕЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ ГРУНТА ПРИ СЕЙСМИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ
СИСТЕМЫ «ГРУНТОВОЕ ОСНОВАНИЕ – ЗДАНИЕ – ГРУЗОПОДЪЕМНЫЙ

КРАН».....	82
Синельщиков В.В., Егоров С.Н., Дыбов Ю.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗРУШЕНИЯ ЗОН СРАЩИВАНИЯ НАГРЕТОГО ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ОДНООСНОМ СЖАТИИ	85
Синельщикова Л.С. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МОСТОВЫХ КРАНОВ С УЧЕТОМ КИНЕМАТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТ ИСКРИВЛЕНИЯ РЕЛЬСОВЫХ ПУТЕЙ.....	87
Скворцов А.И., Кондратов В.М. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ГРАФИТИЗИРОВАННЫЕ СТАЛИ.....	89
Скойбеда А.Т., Баханович А.Г., Никончук А.Н. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПРИВОДНЫХ ЗУБЧАТЫХ РЕМНЕЙ.....	91
Скрябин В.А., Машков А.Н., Просвирин Ю.И., Носко И.Г., Доронин В.В., Хорев Д.В. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ КАМЕРНОМ МЕТОДЕ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ СВОБОДНЫМИ МЯГКОДИСПЕРСНЫМИ СРЕДАМИ.....	94
Смирнов А.Н., Редько Г.А. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ СЛИТКОВ И ОТЛИВОК ПРИ НАЛОЖЕНИИ УПРАВЛЯЮЩЕГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ЖИДКОЙ ВАННЫ.....	96
Снеговский Ф. П., Бондарчук Ю. В. НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН.....	100
Солдаткин В. М. АНАЛИЗ И СИНТЕЗ КАНАЛОВ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА	103
Соляник В. П., Чаусов А. А., Ассуиров Д. А., Кузнецов Б. И. ИСТОЧНИКИ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ВЫСОКИМ КАЧЕСТВОМ ЭНЕРГИИ.....	106
Сохань С.В. ВЛИЯНИЕ КИНЕМАТИКИ НА ПРОЦЕСС ДОВОДКИ СФЕРИЧЕСКИХ ГОЛОВЕК ИЗ КЕРАМИКИ.....	109
Спруцко К.И., Бейгельзимер Я.Е. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КОМПРЕССОРА	

БЫТОВОГО ХОЛОДИЛЬНИКА "НОРД"	112
Спусканюк А.В., Бейгельзимер Я.Е., Варюхин В.Н., Эфрос Б.М. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОАЗОТИСТЫХ СТАЛЕЙ. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.....	114
Спусканюк В. З., Матросов Н. И., Дугадко А. Б., Павловская Е. А. ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ И ДИФфуЗИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ МНОГОВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИТА	117
Ставицкий В.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ АИ-АД ПРИ ЧАСТОТНОМ УПРАВЛЕНИИ.....	120
Староверов К.С. СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ(САОП) - ОДНО ИЗ СРЕДСТВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ СТРУГОВОЙ ВЫЕМКИ УГЛЯ.....	123
Стернюк О.Б. ФАКТОРИ МАРКЕТИНГУ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕНИИ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТИ ПРОДУКЦІІ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ	125
Степков А.Е., Добровольский Г.И. ПРОФИЛИРОВАНИЕ КРУГЛЫХ МНОГОНИТОЧНЫХ РЕЗЬБОВЫХ РЕЗЦОВ	128
Стрелец А.И., Манеров И.Г. О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ЭНЕРГО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ.....	131
Стрелец А.И., Манеров И.Г. ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОДУКЦИИ И ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ УКРАИНЫ.....	133
Стрельников В.П. О НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ.....	135
Строгонов О.В., Дунай О.В., Шукин В.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ И РАСЧЕТ САЖЕОБРАЗОВАНИЯ В ГАЗОГОРЕЛОЧНОМ УСТРОЙСТВЕ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ СМЕСЕОБРАЗОВАНИЕМ.....	142
Струк В.А., Мамончик А.И., Овчинников Е.В. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ	

ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ДЕТАЛЯХ ТРЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ АМОРТИЗАТОРОВ.....	144
Ступин А.Б., Асланов П.В., Фоменко С.А., Ганцевич Л.А., Карпачёв Ю.А., Сычёв М.В., Иващенко В.А., Ящук А.П. Ковалёв Ю.В., Архинов А.Н., Акулов С.М. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОСТРУЙНОЙ РЕЗКИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	145
Сукманов В.А., Левит И.Б. КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА КАК СРЕДСТВО АВТОМАТИЗАЦИИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	148
Сукманов В.А., Хомичук В.А. МОДЕРНИЗАЦИЯ СУШИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ.....	151
Сурнина Н. М., Маюрова Т. А. НОВЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УКЛАД: ПРОБЛЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ В КРУПНОМ СТОЛИЧНОМ ГОРОДЕ	153
Сусин А.А., Мосунов Е.И., Кузьменков О.В., Зайцева С.А., Суховер М.В. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОКАЛИВАЕМОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РЕЖИМОВ ХИМИКО- ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ.....	156
Сусин А.А., Руденко С.П., Мосунов Е.И. РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ - ОСНОВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС СИЛОВЫХ ПЕРЕДАЧ В АВТОТРАКТОРОСТРОЕНИИ	158
Суслов А. Г. НОВЫЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ ДОЛГОВЕЧНОСТИ И КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ КАТАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ.....	161
Сухин Н.В., Решевский А.П. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЛИЯНИЯ ДЛЯ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ БАЛОК НА УПРУГИХ ОПОРАХ.....	163
Сысоев Ю.С. К ВОПРОСУ О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ПО АНАЛИЗУ ГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ.....	165
Сытник А. А., Федотьев Н. А., Золотарёв Г. Р. НОВЫЕ ВИДЫ ПРОДУКЦИИ ИЗ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ	168

Тамаркин М.А., Сидилева А.И., Шевцов А.В., Гончаров Г.Г. ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МНОГООРУПЕНЧАТЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ СВОБОДНЫМИ АБРАЗИВАМИ	170
Тернюк М.Е. МАШИНОБУДІВНИЙ КОМПЛЕКС УКРАЇНИ: СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ	173
Тимофеев Ю.В., Приходько О.Ю. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЦИКЛОВОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ НА АГРЕГАТНЫХ СТАНКАХ	176
Ткачук Н.А., Устиненко А.В., Казанжиева Т.В., Рубан М.В. ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОМЕТРИИ ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ	179
Токарев В.В. ИМИТАЦИОННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЧЕРВЯЧНОГО ЗУБОФРЕЗЕРОВАНИЯ	181
Толстиков А.А., Ковалевский С.В. РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЙ В ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДИКИ КОМПЬЮТЕРНОГО ИННОВАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	184
Толстикова В.Б., Ковалевский С.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНООБРАБОТКИ.....	187
Томашевский А.В., Чернявский К.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ МОП-СТРУКТУР	189
Тонконог В. Г., Гортышов Ю. Ф., Глухов В. В. РАСЧЕТНОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОРЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ	192
Тубилевич Х., Сконечны В. ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОКСИДНЫХ ПЛЕНОК НА АЛЮМИНИЕВОМ СПЛАВЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ.....	194
Трилисский В.О., Нырков Н.Н. ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕМНОЙ ОБРАБОТКИ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН.....	196

Усенко Ю.И., Иванов В.И., Падалка В.П., Нестеренко Т.Н., Лукошников И.Е., Грицай В.П. ПРОГРЕССИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛЬНОГО СЕРДЕЧНИКА БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПРОВОЛОКИ ПОД ПОКРЫТИЕ	198
---	-----

Усов П.П. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЭЛЕМЕНТНОЙ ШТАМПОВКИ	201
---	-----

Усов В. П. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА ПОВЕРХНОСТНОГО ФОРМОЗАВЕРШЕНИЯ - СУЩНОСТЬ МОДУЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТИС-СИСТЕМЫ "МАШИНА - ПРОЦЕСС - ИНСТРУМЕНТ"	202
--	-----

Устинова Л.Н., Пенькова И.В. ОПТИМИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМА ОПЛАТЫ ТРУДА КАК ВАЖНЕЙШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА	205
--	-----

Федоров В. П., Нагоркин М. Н., Ковалева Е. В. К ВОПРОСУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ МАШИН	207
---	-----

Федотьев Н. А., Золотарёв Г. Р., Федотьев А. Н. СОСТОЯНИЕ СБОРА И МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ВОЛЬФРАМОВЫХ СПЛАВОВ	210
---	-----

Федотьев Н. А., Сытник А. А., Федотьев А. Н. СВЕРХТВЕРДЫЙ СЛОИСТЫЙ МАТЕРИАЛ СВБН ДЛЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	212
---	-----

Филипович С.И., Кравчук В.С. УТОЧНЕНИЕ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ ПЕРЕДАЧ С ПОВЕРХНОСТНО- УПРОЧНЕННЫМИ ЗУБЬЯМИ	213
--	-----

Филипов С.Н., Гейер Г.В., Сенявин В.А., Головецкий Б.М. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ХОЛОДИЛЬНИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В КАЧЕСТВЕ ВСПЕНИВАТЕЛЯ ЦИКЛОПЕНТАНА	216
--	-----

Филипов С.Н., Скляренко Н.А., Демина Л.Г. СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ПОРОШКОВЫХ КРАСОК	218
---	-----

Хаг И.Л., Хилько Д.А. ВЫБОР КОМПОНЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВИРТУАЛЬНЫХ КОРПОРАЦИЙ	220
---	-----

Хандожко А.В., Лексиков В.П. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАРЕЗАНИЯ ТОЧНЫХ ВНУТРЕННИХ РЕЗЬБ КОМБИНИРОВАННЫМИ МЕТЧИКАМИ	223
---	-----

Хильчевский В. В., Дубенец В. Г. ПРОБЛЕМЫ СИНТЕЗА СЛОЖНЫХ ДЕМПФИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	226
---	-----

Хомичук В.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СУШИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ЕГО ЗАРУБЕЖНЫХ АНАЛОГОВ	228
---	-----

Царевский В.Б., Ирген Л.А., Циприн М.Г. СВОЙСТВА ТОНКИХ ТИТАНОВЫХ ПОКРЫТИЙ, НАНЕСЕННЫХ СПОСОБОМ МЕХАНОХИМИЧЕСКОГО МОЛЕКУЛЯРНОГО НАСЛАИВАНИЯ	232
--	-----

Цокур В.П. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ПРОФИЛЯ АЛМАЗНОГО КРУГА	235
---	-----

Чайка Э.В., Акимов Г.Я., Тимченко В.М. ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКИХ СВОЙСТВ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ И ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ	236
---	-----

Чаусов А. А., Соляник В. П., Кузнецов Б. И. ДВУХКАНАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД С ПЬЕЗОКОМПЕНСАТОРОМ	238
---	-----

Чашко М.В. ТЕХНОЛОГИЯ СНАБЖЕНИЯ ЭНЕРГИЕЙ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА	241
--	-----

Чемборисов Н.А., Абызов А.П., Петров С.М. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ СЛОЖНОЙ ВИНТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ	244
---	-----

Ченцов Н.А. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕРЕЧНЯ БЫСТРО ИЗНАШИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ (РАСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ)	246
--	-----

Чернета О. Г., Бухбиндер Й. А., Внуков Ю.Н. МЕТОДИКА ИОННО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	248
--	-----

Черноус Д.А. АНИЗОТРОПНАЯ МОДЕЛЬ СВЕРХСЖИМАЕМОГО МАТЕРИАЛА	251
---	-----

Черныш И.Г. НОВОЕ В ТЕХНОЛОГИИ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ И ШУМОПОГЛОЩАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ	254
--	-----

Шабайкович В. А. ПРАКТИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ СБОРОЧНЫХ МОДУЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	255
Шабайкович В. А. ПРОБЛЕМЫ ОРИЕНТИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ СБОРКЕ	258
Шарепо В. Е., Кондратьева Е. В., Сушков Б. К. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОРТАЛЬНОГО КРАНА.....	261
Шарипов Т.А., Беков Д.А. НОВЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЗУБЬЕВ КОЛЕС	264
Швец И.Б., Мощинская В.А. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ МОЩНОСТЯМИ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ	266
Шевченко А.Г., Сысоев И.А., Смолин А.Ю. ПОЛУЧЕНИЕ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ AlGaAs, GaInAs, AlGaSb, InAsSb, GaAsSb, GaInSb НА ПОДЛОЖКАХ GaAs, GaSb, InAs МЕТОДОМ ЗПГТ	271
Шевченко Ф.Л., Улитин Г.М. К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БУРОВОЙ ВЫШКИ СИСТЕМЫ WIRTH	274
Шевченко Ф.Л., Улитин Г.М., Петтик Ю.В. ОБ ОЦЕНКЕ ПРИБЛИЖЕННЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ БУРОВЫХ УСТАНОВОК	277
Шевчик В.А. УВЕЛИЧЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ НАГРЕВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ СПЛАВОВ Fe-Cr-Al В ПРОИЗВОДСТВЕ ОКСИДНОЙ КЕРАМИКИ.....	279
Шестакова И.А. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЯРНОГО КРАНА АЭС С ВВЭР-1000 ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА.....	282
Шкуропатский А.В., Красновский И.Н. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К СНИЖЕНИЮ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЫТОВЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ ПРИБОРОВ	285
Шмандий В.М. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ТЕХНОГЕННОЙ ОПАСНОСТИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	287

Шмандий В.М., Ткачев Ю.Н. ПРОМЫШЛЕННЫЕ СТОКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ.....	290
Щедролосев Д.Е. ОПОРЫ СКОЛЬЖЕНИЯ МАШИН - СЛОЖНЫЕ ТЕРМОУПРУГОДИНАМИЧЕСКИЕ ТРИБОСИСТЕМЫ	292
Щедролосев Е.Н. ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТОПОГРАФИЙ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРИБОСИСТЕМ	295
Юнусов Ф.С., Чемборисов Н.А., Ступко В.Б. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗДЕЛИЯ ИНСТРУМЕНТОМ ДИСКОВОГО ТИПА.....	297
Яценко А.М., Шмандий В.М. ОЧИСТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖИДКИХ ОТХОДОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	300
Яцун Е.И. ФОРМИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФАСОННОГО ЗЕНКЕРА С ВИНТОВЫМИ ЗУБЬЯМИ И КОНИЧЕСКОЙ СЕРДЦЕВИНОЙ.....	304
Алексеев В. В. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ОПОР	307
Афтаназис И.С., Симчук О.М., Пеклич З.И. ЭМЦЕНЕНИЯ ЦИЛИНДРИЧНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ВНУТРИШНЕГО ЗАЧЕПЛЕНИЯ.....	308
Банов М.Д., Дорошко С.М. АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫЙ КОНТРОЛЬ СОСУДОВ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ	311
Барышев Е. С., Биллер П. А., Клейнхоф М. А. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТИ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	313
Христов С.Х., Дойнов Н.С., Ушев В. МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ТВЕРДОСТИ В ЗОНЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	315
Basyrov R.Sh., Galimova R.K., Khaziev R.M. MODELLING OF THE PROCESS OF THE TREATMENT OF METALLIC SURFACES BY THE GAS-VAPOUR DISCHARGE WITH A LIQUID ELECTRODE.....	318

Bement J.M. INDUSTRY-ACADEMY COLLABORATION IN ENGINEERING EDUCATION FOR THE XXI CENTURY	319
Buchacz A. COMPUTER AIDED SOLUTION OF REVERSE TASK OF DYNAMICS OF LONGITUDINALLY VIBRATING BAR SYSTEMS	322
Čada R. SPECIAL GAUGE FOR MEASUREMENT OF PATTERNS ON STAMPINGS	325
Dubrovskaya G.N., Olexyenko N.V., Bozhko N.I. INVESTIGATION OF STRUCTURE AND PROPERTIES OF BORON CARBIDE BASE ALLOY WITH Ti-Ni-Mo BINDER	328
Nagiț, Gh., Slătineanu, L., Luca, L. THE INCREASE OF SURFACE QUALITY BY VIBRO-ROLLING	330
Nagiț, Gh., Braha, V. THE USING VIBRO-ROLLING FOR INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF MACHINERY PARTS	333
Dumitru Nedelcu, Octavian Pruteanu SOME THEORETICAL CONSIDERATIONS CONCERNING COLD PLASTIC DEFORMATION OF MATERIAL FOR FORMING EXTERIOR GROOVES	336
Penkova I. MEASURES OF EXPORT-IMPORT CONTROL ON THE MACHINERY CONSTRUCTING ENTERPRISES	339
Sarbu I., Paraschiv D., Anitei M. THEORETICAL AND EXPERIMENTAL CONTRIBUTIONS SUPERFINISHING PROCESS	341
Sarbu I., Pruteanu O.V., Antohe I. SUPERFINISHING PROCESS OF THE BEARING RACES	344
Vereschagin M.N., Goransky G. G. SPECIAL FEATURES OF THE AMORPHOUS COATINGS FORMATION FROM SELF-FLUXED Fe-BASED ALLOY	346
Zhak S.V., Sidorenko V.S. OPTIMIZED MODELS OF MODES CHOICE FOR DISPLACEMENT OF TECHNICAL SYSTEMS OBJECTS	349

Павелко В. П., Клейнхоф М. А. О КОНЦЕНТРАЦИИ УСИЛИЙ В ТОНКОМ СЛОЕ ВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИТА	352
--	-----

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОДУКЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ И ФИРМ

1. Акционерное общество «НОРД»:

- бытовые холодильники одно, двух и трех камерные объемом 140...350 литров;
- морозильники объемом 100...200 литров;
- газовые плиты;
- автоматические стиральные машины;
- бытовые кондиционеры.

Наш адрес: Украина, 340112, г. Донецк, пр. Жуковского, 2.
Тел.: (0622) 694-653, 637-636. Факс: (0622) 631-410.

2. Акционерное общество закрытого типа «1-й Донецкий автомобильный завод»:

- поршни ЗИЛ-130, ЗИЛ-375, ГАЗ-52, Москвич-412;
- поршневые группы Москвич-412, Москвич-2141, ЗИЛ-130, ЗИЛ-375;
- комплект шкворня поворотного кулака со втулками ЗИЛ-130, МАЗ-200, КРАЗ, МАЗ-500, СуперМАЗ, КАМАЗ, автобус «ИКАРУС», ЛИАЗ, ГАЗ-53;
- выполняют капитальный ремонт гидромеханических передач к автобусам ЛИАЗ-677, ЛАЗ, Львов-3 всех модификаций, «ИКАРУС», ЛИАЗ-5256, двигателей ЗИЛ-130, ЗИЛ-375, коробок перемены передач двигателя ЗИЛ-130.

Наш адрес: Украина, 340050, г. Донецк, пр. Ватутина, 2. Тел.: (0622) 92-92-76, 93-55-26. Факс: (0622) 92-92-62.

3. Акционерное общество «Буран»:

- буровый комбайн БШК-2Д, тип «Буран-шнек»;
- установка буровая УБШ-255, тип «Буран»;
- установка буровая УБШ-354, тип «Буран-2»;
- насосы типов НШ-2, ШК-250/34, НСВ 60/40;
- стрелочные переводы типов Р-24, Р-33;
- рукав высокого давления Д=8мм, Д=12мм.

Наш адрес: Украина, 340011, г. Донецк, ул. Кирова.
Тел.: (0622) 71-45-02. Факс: (0622) 90-81-12.

4. Акционерное общество «Донецкий завод горноспасательной аппаратуры»:

- респираторы кислородные изолирующие;
- самоспасатели шахтные;
- компрессоры кислородные;
- химические газоопределятели содержания вредных и опасных газов в производственной атмосфере.

Наш адрес: Украина, 340048, г. Донецк, ул. Левицкого, 31.
Тел.: (0622) 55-85-95. Факс: (0622) 55-51-53.

5. Открытое акционерное общество «Горловский машиностроительный завод»:

- комбайны очистные узкозахватные для тонких, средних и мощных пластов пологого падения до 35° (К103М, КАВО, 1К 101У, 1К101УД, РКУ10, РКУ13, КШЗМ);
- комбайны очистные широкозахватные для пластов пологого падения до 20° («Кировец-2К», 2КЦГ);
- комбайны очистные узкозахватные для пластов крутого падения от 35° до 90° («Поиск-2Р», «Темп-1»);
- струговые установки (УСЗ, 1АЦМ);
- насосные установки (АНС 250-50, 1АЦНС13-350);
- лебедки комбайновые (ЗАП, 1ЛП КНМ).

Наш адрес: Украина, 338003, г. Горловка Донецкой области,
ул. Катеринича, 1. Тел.: 75-2-08. Факс: 4-94-00.

6. Акционерное общество «Точмаш»:

- гидравлические стойки (СУГ-М);
- гидроцилиндры (6210, 6240, 6150);
- комплексы электрошлакового кокильного литья (УШ-159А);
- изделия точного литья;
- универсальный ручной гидравлический инструмент УРГИ-2М.

Наш адрес: Украина, г. Донецк, ул. Жмуры 1. Тел.: (0622) 514-750. Факс: 583-876.

7. Акционерное общество «Ново-Краматорский машиностроительный завод»:

- металлургическое оборудование (прокатные станы, мостовые станы, прессы, молоты, горизонтально-ковочные машины);
- оборудование для горнодобывающей промышленности (карьерные экскаваторы, буровые установки, дробилки, мельницы);
- для подземных работ (проходческие комбайны, погрузочные, буропогрузочные машины);
- строительно-монтажное оборудование (краны, автогидроподъемники, железнодорожные краны);
- изготовление отливок, поковок, металлоконструкций.

Наш адрес: Украина, 343905, г. Краматорск Донецкой области. Тел.: (06264) 3-70-80. Факс: 7-22-49.

8. Концерн «Азовмаш»:

- оборудование для производства чугуна;
- оборудование для производства стали;
- горнорудное оборудование (ротаторный экскаватор, ротаторный комплекс, конвейерно-отвальный комплекс);

- подъемно-транспортное оборудование;
- железнодорожные цистерны, контейнеры-цистерны, полувагоны.

Наш адрес: 341035, Украина, г. Мариуполь, просп. Ильича 145/147. Тел.: (06292) 4-43-21. Факс: 4-45-81.

9. Константиновский завод высоковольтной аппаратуры:

- высоковольтные контакторы (КВ-2МУ2, КВТ-10-400-4У2);
- высоковольтные аппараты управления;
- выключатели (ВЭВ-6Б-16/630-УХЛ15);
- комплектные распределительные устройства (КРУРН-6А, УК-6УХЛ15);
- блоки контроля уровня БКУ и БКС-3.

Наш адрес: 342003 Украина, г. Константиновка Донецкой области, ул. Ленина 3. Тел.: 5-28-66.



Приглашаем промышленные предприятия Украины, стран СНГ и дальнего зарубежья размещать рекламу своей продукции в нашем сборнике

Для заметок