

Д. И. Петрешин, А. Г. Суслов, О. Н. Федонин
БГТУ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Брянск, г. Москва Россия
Тел./Факс; E-mail:

УПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

В автоматизированном производстве становится актуальным вопрос о требуемых параметрах качества поверхностного слоя деталей машин. При предсказании параметров качества поверхностного слоя деталей машин во время обработки существует неопределенность, связанная с отсутствием однозначных математических моделей, прогнозирующих параметров качества поверхностного слоя, в зависимости от условий обработки. Это считается одним из способов разрешения неопределенности в технологической поддержке параметров качества поверхностного слоя деталей машин для данного условия обработки. В статье предложен выбор структуры математических моделей, который описывает алгоритм параметрической идентификации математических моделей.

Ключевые слова: математическая модель, самообучающаяся технологическая система; параметры качества поверхностного слоя; механическая обработка

D. I. Petreshin, A. G. Suslov, O. N. Fedonin

THE CONTROL PARAMETERS QUALITY OF SURFACE LAYER OF MACHINE PARTS IN CONDITIONS OF UNCERTAINTY

In automated production becomes relevant the issue of the required quality parameters of the surface layer of machine parts. By providing the surface layer of machine parts quality parameters during machining there is uncertainty associated with the lack of unambiguous mathematical models that predict the quality parameters of the surface layer, depending on the processing conditions. It is considered one of the ways to resolve the uncertainty in the technological support of the surface layer of machine parts quality parameters for a given processing conditions. The choice of the structure of mathematical models and describes the algorithm of parametric identification of mathematical models proposed.

Key words: a mathematical model, self-learning technology system, quality parameters of the surface layer, machining.

Введение

В условиях автоматизированного производства актуальным становится вопрос обеспечения требуемых параметров качества поверхностного слоя деталей машин при механической обработке. Для обеспечения требуемых параметров качества поверхностного слоя (ПКПС) деталей машин при механической обработке используют математические модели, предсказывающие их значения в зависимости от режимов обработки. В большинстве случаев используют эмпирические модели, которые имеют узкое конкретное применение. Эти модели достаточно точно предсказывают выходные параметры процесса только тогда, когда условия механической обработки детали совпадают с условиями, при которых модель была получена. Эти требования в условиях действующего производства, где неизбежно присутствуют изменение жесткости технологической системы, износ инструмента, разброс припуска и твердости заготовок и другие факторы, достаточно сложно обеспечить. Задача обеспечения требуемых параметров качества поверхностного слоя деталей машин существенно осложняется при обработке новых материалов и использовании новых инструментальных материалов, когда справочные данные по ним отсутствуют или не адекватны реальным условиям. Поэтому при обеспечении ПКПС деталей машин при механической обработке имеется неопределен-

ность, связанная с отсутствием однозначных математических моделей, полученных при данных условиях и предсказывающих параметры качества поверхностного слоя в зависимости от режимов обработки.

Постановка задачи

Одним из способов разрешения имеющейся неопределенности является обучение или самообучение технологической системы в процессе управления и в использовании получаемой и накапливаемой информации при адаптивном управлении. При этом решается задача параметрической идентификации при принятой структуре математической модели.

Математические модели, создаваемые для целей управления, могут и не отражать физическую сущность явления. Им достаточно лишь констатировать наличие определенной формальной связи между управляющим входом и управляемым выходом. Характер и особенности этой связи и составляют основу модели. Поэтому для описания параметров качества поверхностного слоя деталей машин в зависимости от режимов обработки (глубина резания, подача, скорость резания) можно использовать стохастические мультипликативные модели. В качестве математической модели, связывающей параметры качества поверхностного слоя деталей машин и режимы обработки, используется модель вида

$$\Pi = C_0 t^x S^y V^z,$$

где Π – параметр качества поверхностного слоя деталей машин, управляемый выходной параметр процесса механической обработки; t , S , V – глубина резания, подача и скорость резания соответственно, входные управляющие воздействия процесса механической обработки; C_0 , x , y , z – коэффициенты модели.

Известно, что наибольшее влияние на параметр шероховатости Ra оказывают геометрия режущей части инструмента, продольная подача и скорость резания [1]. Если учесть, что во время механической обработки детали геометрию режущей части инструмента изменять невозможно, то в качестве управляющих воздействий для параметра шероховатости Ra остаются продольная подача и скорость резания. Поэтому связь между параметром шероховатости Ra и величиной продольной подачи S и скоростью резания V может быть выражена математической моделью вида

$$Ra = C_r S^{x_r} V^{y_r}, \quad (1)$$

где x_r , y_r , C_r – коэффициенты модели; S – подача, мм/об; V – скорость резания, м/мин.

Исследования [2] показывают, что на формирование поверхностной микротвердости и остаточных напряжений поверхностного слоя детали значительное влияние оказывают температурное и силовое поля в зоне резания. Их нестабильность во время обработки из-за колебания припуска, твердости материала заготовки, износа инструмента и других факторов приводит к постоянному изменению силового и температурного режимов обработки. Поэтому в качестве математической модели, связывающей физико-механический параметр (FMP) и переменные состояния процесса резания P_z и T , используется математическая модель вида

$$FMP_c = C_f P_z^{x_f} T^{y_f}, \quad (2)$$

где FMP_c – вычисленное значение физико-механического параметра поверхностного слоя; P_z – главная составляющая силы резания, Н; T – температура в зоне резания, °С; C_f , x_f , y_f – коэффициенты модели.

Математическая модель (2) применяется для косвенного определения текущего значения физико-механического параметра обработанной поверхности на основе измеренных Pz и T во время механической обработки при адаптивном управлении.

Для адаптивного управления физико-механическим параметром используется модель, связывающая FMP с управляющими переменными S, V и t процесса резания, вида

$$FMP_c = C_u S^{x_u} V^{y_u} t^{z_u}, \quad (3)$$

где S, V, t – подача, скорость резания и глубина резания соответственно; C_u, x_u, y_u, z_u – коэффициенты модели.

При одновременном обеспечении параметров шероховатости, поверхностной микротвердости и поверхностных касательных остаточных напряжений используется комплексный параметр качества поверхности C_x [1]. Комплексный параметр C_x , применяется для оценки качества поверхности трения, включает в себя параметры шероховатости, волнистости, макроотклонения и физико-механические параметры поверхностного слоя.

В качестве математической модели, связывающей комплексный параметр C_x и режимы обработки, используется модель вида (3), а для косвенного определения параметра C_x во время механической обработки при адаптивном управлении применяется математическая модель вида (2).

Результаты исследований

Параметрическая идентификация математических моделей (1-3) выполняется разработанной самообучающейся технологической системой управления (СТСУ) (рисунки) [8]. Разработанная СТСУ предназначена для обеспечения заданных параметров шероховатости Ra , поверхностных остаточных напряжений, поверхностной микротвердости и комплексного параметра качества поверхности трения C_x .

Алгоритм работы (А) системы реализуется в виде программного обеспечения, записанного в память устройства управления, в качестве которого используется ПЭВМ [5]. Исполнительным устройством системы является технологическая система (ТС), управляемая УЧПУ. Связь ПЭВМ и УЧПУ осуществляется через контроллер сопряжения (КС), подключаемый к ПЭВМ по последовательному интерфейсу RS 232. Управляющими воздействиями U для ТС являются скорость резания V , величина подачи S и глубина резания t . Внешними возмущениями F для ТС являются изменение жесткости технологической системы Δj , износ инструмента $hз$, разброс припуска Δt и твердости заготовок $\Delta HВ$ и другие факторы. Для работы СТСУ необходима исходная информация, вводимая оператором (ОП) перед началом работы.

Для определения физико-механических параметров обработанной поверхности используется косвенный метод, основанный на измерении во время обработки силы резания (Pz) и температуры (T) в зоне резания и вычисления по модели (2) физико-механических параметров качества обработанной поверхности. Сила резания Pz и температура T измеряются датчиками, установленными непосредственно вблизи зоны обработки. Параметр шероховатости Ra обработанной поверхности измеряется прямым методом с использованием лазерного датчика [3].

Алгоритм работы системы описывает следующие основные режимы работы системы: «Ввод и анализ исходных данных»; «Работа с базой данных»; «Самообучение»; «Работа».

Режим «Ввод и анализ исходных данных» предназначен для ввода и анализа исходных данных перед началом обработки. К исходным данным относятся: материал

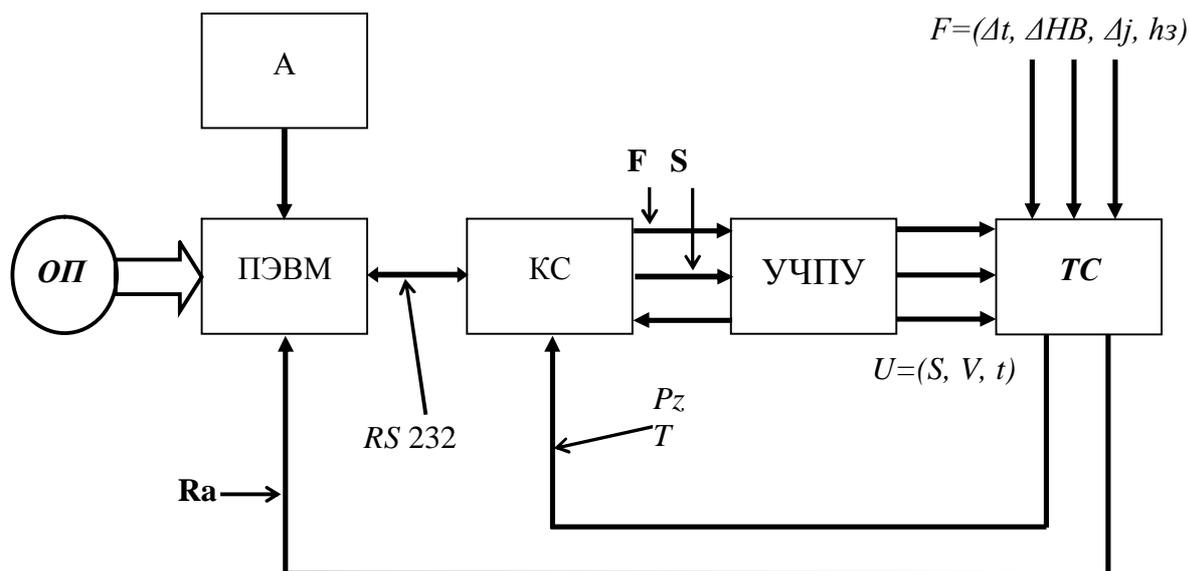


Рис.1. Структура самообучающейся технологической системы управления

обрабатываемых деталей, геометрия инструмента, режимы резания, диаметр обрабатываемой заготовки, значение обеспечиваемого параметра качества обработанной поверхности. По введенным данным система устанавливает, имеется ли в базе данных соответствующая им математическая модель.

Режим «Работа с базой данных» служит для сохранения и накопления информации об обработанных материалах, условиях обработки и соответствующих им полученных математических моделях. Таким образом, для каждого обрабатываемого материала и каждого из условий обработки в базе данных имеется своя математическая модель. Если соответствующей математической модели нет, то система автоматически переходит в режим «Самообучение».

Задачей режима «Самообучение» является постановка эксперимента и получение математической модели. Для этого на станке обрабатывается пробная деталь – образец. Причем инструмент, его геометрия, материал образца и глубина резания должны быть такие же, как и при обработке последующей партии деталей. Образец разбивается на участки, затем каждый из них автоматически обрабатывается с заданными режимами резания. Контроль параметра качества обработанной поверхности осуществляется системой автоматически в процессе обработки. Данные о входных и выходных параметрах процесса резания автоматически заносятся в ЭВМ, после чего выполняется их статистическая обработка. В результате получается одна из математических моделей (1-3).

Полученная математическая модель и ее данные, т.е. условия обработки, при которых она была получена, и коэффициенты модели, запоминаются в базе данных и используются в дальнейшем. При изменении инструмента, его геометрии, материала деталей, глубины резания и т.п. необходимо будет опять провести обучение системы.

Программное обеспечение системы позволяет автоматически составлять управляющую программу для УЧПУ для режима «Самообучение». Поэтому для составления управляющей программы достаточно ввести размеры одного участка поверхности об-

рабатываемого образца (длина и диаметр участка). Полученная программа для УЧПУ сохраняется в отдельный текстовый файл (имеет имя «SAU»), а затем записывается в УЧПУ.

В режиме «Работа» выполняется обработка партии деталей с адаптивным управлением технологической системой по заданному параметру качества обработанной поверхности. В этом режиме осуществляется прием измерительной информации от датчиков и анализ полученной информации, на основе которого принимается решение об управлении технологической системой.

Заключение

В ходе проведения технологических исследований по самообучению ТС были получены адекватные математические модели [4, 7], используемые впоследствии при адаптивном управлении параметрами качества поверхностного слоя деталей машин. Очевидно, что применение СТСУ позволяет разрешить неопределенность в технологическом обеспечении параметров качества поверхностного слоя деталей машин, связанную с отсутствием математических моделей для заданных условий обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инженерия поверхности деталей. / кол. авт.; под ред. А. Г. Сулова. - М.: Машиностроение, 2008. – 230 с.
2. Автоматизация технологии изготовления газотурбинных авиационных двигателей. / В. Ф. Безъязычный, В. Н. Крылов, В. А. Полетаев [и др.]; под ред. В. Ф. Безъязычного и В. Н. Крылова. – М.: Машиностроение, 2005. – Ч.1. - 560 с.
3. Петрешин Д. И. Применение лазерного оптического датчика для измерения высотных параметров шероховатости поверхности деталей машин в самообучающейся адаптивной технологической системе / Д. И. Петрешин // Контроль. Диагностика. 2009. - № 11. - С. 53 – 57.
4. Сулов А. Г. Автоматизированное обеспечение комплексного параметра качества поверхностного слоя Сх при механической обработке/ А. Г. Сулов, Д. И. Петрешин // Научные технологии в машиностроении. 2011. - № 2. - С. 34-39.
5. Петрешин Д. И. Разработка алгоритма функционирования автоматизированной системы сбора и анализа данных с металлорежущих станков с ЧПУ/ Д. И. Петрешин, О. Н. Федонин, В. А. Карпушкин/- Вестник Брянского государственного технического университета. 2014. - № 1 (41). - С. 58-62.
6. Петрешин Д. И. Расширение функциональных возможностей металлорежущих станков с ЧПУ путем организации связи между ПЭВМ и УЧПУ при построении адаптивной системы управления/ Д. И. Петрешин, О. Н. Федонин, В. П. Федоров, А. В. Хандожко, В. А. Хандожко/ Вестник Брянского государственного технического университета. 2011. - № 4. - С. 4-9.
7. Petreshin D.I. An Automated Control System for Machinery Parts Machinin / D.I. Petreshin, A.V. Handozhko and O. N. Fedonin// IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 124 (2016) 012024.
8. Петрешин Д. И. Модернизация станков с ЧПУ и автоматизированная система сбора данных их функционирования/ Д. И. Петрешин, А. Г. Сулов, О. Н. Федонин// Научные технологии в машиностроении. 2016. - №4(58). - С.42-46.

Поступила в редколлегию 21.06.2016 г.