

В работе также показано, что для обеспечения полного покрытия всей внутренней поверхности изделия, необходимо обеспечить определенную кинематическую структуру движений изделия. На основании этого в данной работе разработана обоснованная классификация возможных вариантов структуры кинематических схем движения изделия при нанесении покрытия. При этом показано, что для повышения эффективности и качества нанесения покрытия на изделия в ограниченной зоне действия плазмы, необходимо комплексно использовать принцип концентрации изделий и обеспечивать сложную кинематику их транспортного движения.

Список литературы: 1. Нанесение износостойких покрытий на быстрорежущий инструмент / Ю.Н. Внуков, А.А. Марков, Л.В. Лаврова, Н.Ю. Бердышев. – К.: Тэхника, 1992. – 143 с. 2. Пузряков А.Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления: Учебное пособие по курсу "Технология конструкций из металлокомпози́тов" - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. - 360 с. 3. Зенкін М.А. Технологічні основи забезпечення якості поверхневого зміцнення відповідальних деталей машин. Дис. ... д.т.н. - Харків: НТУ "ХПІ", 2005. - 40 с. 4. Михайлов А.Н., Михайлов В.А., Михайлова Е.А. Основы формообразования и повышения производительности при напылении вакуумных ионно-плазменных покрытий изделий машиностроения. // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. - Донецк: ДонНТУ, 2005. Вып. 29. С. 132 – 146. 5. Михайлов А.Н., Михайлов В.А., Михайлова Е.А. Ионно-плазменные вакуумные покрытия – основа широкого повышения качества изделий машиностроения // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. - Донецк: ДонНТУ, 2004. Вып. 28. С. 108 – 115. 6. Михайлов А.Н., Михайлов В.А., Михайлова Е.А. Основы синтеза функционально-ориентированных вакуумных ионно-плазменных покрытий изделий машиностроения // Известия ТРТУ – ДонНТУ. – Донецк: ДонНТУ, 2005, №5. С. 95-102.

Сдано в редакцию 28.04.05

Рекомендовано д.т.н., проф. Малышко И.А.

РАЗРАБОТКА НОВОГО ВИДА ЧЕРВЯЧНЫХ ЗУБОРЕЗНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ И ОЦЕНКА ЕГО ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВЫСОКОТОЧНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Настасенко В.А (ХНТУ, г. Херсон, Украина)

The paper presented suggests technical and economic substantiation of the preference of spring-plate hob cutters equipped with non-undercutting hard alloy plates on the basis of the concept of improving worm tooth cutting tools suggested by the author earlier and the experience gained.

Связь проблемы с основными научными направлениями. Работа относится к области машиностроения, в частности – к производству высокоточных червячных зуборезных инструментов для обработки зубчатых колес. В ее основу положен анализ конструкций многозаходных червячных фрез и червячных шеверов пружинно-пластинчатого и реечного типов, оснащенных неперетачиваемыми режущими и режущее деформирующими пластинами из твердого сплава и сверхтвердых инструментальных материалов, с оценкой возможности их применения для обработки зубчатых колес 3-й и

более высоких степеней точности. Решение указанных задач представляет большой практический и теоретический интерес, как для разработки новых видов червячных зуборезных инструментов, так и для обработки зубчатых колес и создания на их базе особоточных зубчатых передач, приборов, механизмов и машин.

Анализ состояния проблемы и постановка задачи. К высокоточным высокопроизводительным червячным инструментам относятся червячные фрезы АА и ААА классов точности, а также шеверы и шлифовальные круги. Применение червячных шлифовальных кругов ограничено обработкой зубчатых колес с мелкими модулями, поскольку из-за большого расхода абразивных материалов и веса, они уступают тарельчатым и дисковым в возможности повышения производительности и точности обработки увеличением наружного диаметра. Червячные шеверы уступают высокопроизводительным дисковым шеверам по той же причине и по возможности более простого оснащения зубьев высокопроизводительными инструментальными материалами из твердого сплава и СТМ, поэтому получили реальное применение в основном для обработки червячных колес. Наиболее конкурентоспособными из данных инструментов являются лишь червячные фрезы, что обусловлено их относительной дешевизной и простотой, достаточно высокой производительностью и точностью, а также широким распространением применяемого оборудования. Однако возможности традиционных конструкций уже не удовлетворяют требованиям повышения точности и производительности и их постепенно вытесняют зуборезные протяжки, многорезцовые обкатные головки и даже концевые модульные фрезы, применяемые для особоточной обработки зубчатых колес на станках с ЧПУ, программируемых по 7-8 видам движений в CNC технологиях [1]. Это вызывает необходимость поиска новых решений.

Комплексный анализ путей повышения производительности фрез [2] показал, что повышение их стойкости, например, за счет применения износостойких покрытий или твердосплавных инструментальных материалов и СТМ, не является резервом для роста производительности при чистовой обработке. Объясняется это тем, что из 3-х главных факторов, влияющих на производительность, рост глубины резания ограничен высотой зуба колеса, рост скорости резания резко снижает стойкость фрез, а рост подачи резко снижает качество обработки, главным образом обусловленное ростом волнистости (высоты макронеровностей профиля зуба вдоль оси колеса, полученных от следов врезания и выхода фрезы при ее осевой подаче на 1 оборот стола). Поэтому традиционные пути сводятся лишь к увеличению наружного диаметра инструмента.

Комплексный анализ путей повышения точности фрез [3] также показал, что для традиционных конструкций она обеспечивается лишь за счет увеличения наружного диаметра, т.к. при этом уменьшаются конструктивные погрешности от несовпадения профиля плоских зубчатых реек и винтовой поверхности основного червяка, а также от выполнения затылованной поверхности и от переточек зубьев.

Однако возможности повышения производительности и точности традиционных червячных фрез увеличением их наружного диаметра ограничиваются ростом расхода инструментальных материалов, увеличением веса и габаритов, что требует применения более мощного и дорогостоящего в приобретении и в эксплуатации оборудования.

Следует также учесть, что другие традиционные варианты повышения точности и производительности червячных фрез, связанные с оптимизацией их конструктивных и геометрических параметров [4] (формы, размеров и расположения зубьев, основных базовых и опорных поверхностей, условий затылования, переточки, обкатки и т.д.), практически исчерпали себя, т.к. не приводит к приросту показателей, более, чем на 5...10%, что не отвечает условиям современного научно-технического прогресса. При

этом традиционные червячные зуборезные инструменты концептуально можно отнести к угасающему виду инструментов, что происходит обычно в том случае, когда они исчерпали свои потенциальные возможности для усовершенствования.

Однако новые разработанные червячные фрезы (патенты Российской Федерации №№ 2134183, 2134184, 2147495, 2147496, 2169061) позволяют устранить все указанные недостатки, что раскрывает широкие перспективы для их использования. Поэтому, для полного определения возможностей предлагаемых фрез, требуется проведение более глубокого их анализа, что является главной целью выполненной работы.

Поиск путей реализации поставленной цели. Обоснование возможностей повышения точности предлагаемых фрез следует выполнять с учетом комплекса всех влияющих факторов. Поскольку конечной целью их применения является нарезание зубчатых колес, в первую очередь необходим анализ данного процесса. На базе исследований, изложенных в работе [5] и во многих работах других авторов, перечень которых ограничен в рамках одной статьи, выявлена система основных факторов, влияющих на точность червячной зубообработки приведенная в таблице 1. При этом с инструментом связан комплекс из четырех групп погрешностей, которые для фрез традиционных конструкций включают:

1. Технологические погрешности изготовления (неконцентричность, несоосность и неперпендикулярность базовых поверхностей, коробление за счет перераспределения напряжений по шпоночному пазу, виткам червяка, стружечным канавкам и другим переходным поверхностям, коробление после термической обработки, отклонения шага винтовой линии основного червяка и стружечных канавок, радиальное и торцовое биение затылованных поверхностей зубьев, собственная модификация профиля при затыловании и заточке зубьев, а также за счет переточек и правок инструментов 2-го порядка, коробление при старении за счет перераспределения внутренних напряжений после снятия припуска при чистовой обработке и т.п.);

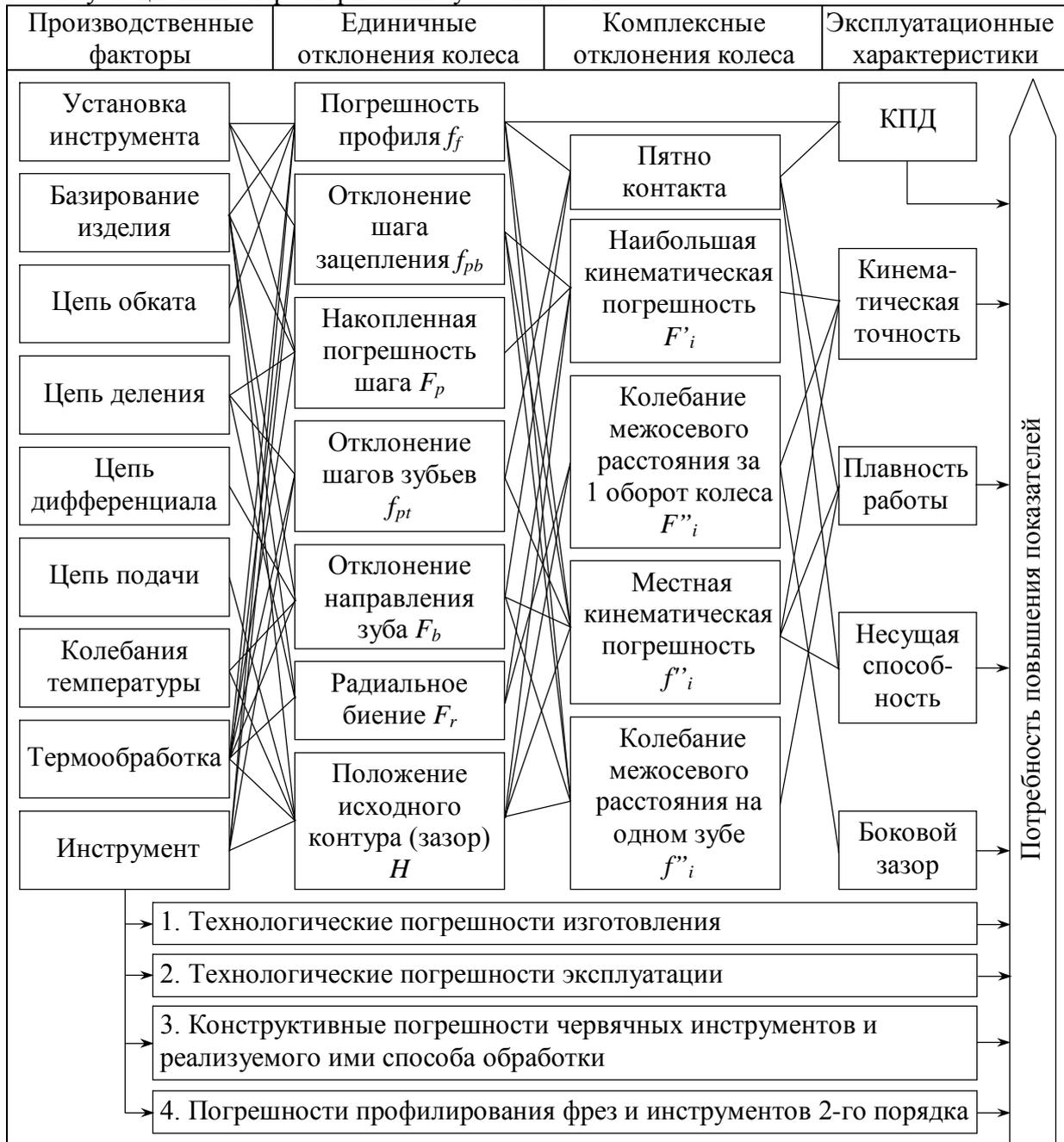
2. Технологические погрешности эксплуатации (кроме погрешностей установки и закрепления инструмента, учтенных отдельно, к данным погрешностям относятся: деформация зубьев и корпуса при резании, износ режущих лезвий, технология выполнения переточек, уменьшение наружного диаметра и условий обкатки после переточек, волнистость профиля зуба вдоль оси колеса при врезании и выходе зубьев инструмента, связанная с осевой подачей на оборот стола, огранка вдоль профиля зуба, связанная с количеством зубьев колеса, коробление при старении фрез, вызванное перераспределением внутренних напряжений после снятия припуска при переточках);

3. Конструктивные погрешности червячных инструментов и реализуемого ими способа обработки (невозможность выполнения всех условий формообразования для ряда профилей изделий, несоответствие плоского исходного контура рейки и винтовой поверхности основного червяка, несовпадение образующих передней и затылованной задней поверхностей зубьев, уменьшение наружного диаметра фрезы и трансформация профиля ее зубьев после переточек, волнистость профиля зуба колеса вдоль его оси, связанная с количеством заходов, огранка вдоль профиля зубьев колеса, связанная с количеством зубьев фрезы и т.п.);

4. Погрешности профилирования фрез и инструментов 2-го порядка для их обработки (инструментальной рейки по условиям обкатки, цилиндрического основного червяка, линейчатой винтовой передней поверхности и режущих кромок, затылованной поверхности, инструментов для обработки витков основного червяка, для обработки стружечных канавок, для заточки по передней поверхности, для затылования)

При этом инструмент оказывает основное влияние на погрешности профиля зубьев изделия f_f , на отклонение шага зацепления f_{pb} и общее отклонение шагов зубьев f_{pt} , а также на положение исходного контура H .

Таблица 1. Система основных факторов, влияющих на точность и эксплуатационные характеристики зубчатых колес



Следует учесть, что в настоящее время 3-я степень точности обработки зубчатых колес достигнута при нарезании червячными фрезами ААА класса точности, основные погрешности которых приведены в таблице 2. При этом погрешности f_{rda} и f_{γ} , связанные с формированием затылованной и передней поверхностей зубьев, значительно выше других погрешностей. Кроме того, сравнение погрешностей f_{fo} профиля зуба фрезы,

которые целиком повторяются в профиле зуба колеса, показывает, что они практически поглощают величину допуска f_f на профиль зуба колеса (таблица 3), хотя в них должны входить еще и погрешности огранки и волнистости.

Таблица 2. Характеристика уточнения допусков на погрешности червячных фрез

Допуски на основные параметры фрез, мкм							
Уточнение от степени к степени в 1,6 раза	Класс точности	Модуль m , (мм)	Профиль зуба	Винтовая линия на 1 оборот	Радиальное биение буртика	Биение вершин зубьев	Биение передних поверхностей
			f_{fo}	f_{ho}	f_y	f_{rda}	f_γ
	AAA (НПО "Заря")	От 1 до 2	3	5	3	8	8
		Св. 2 до 3,55	4	6	3	10	10
		Св. 3,55 до 6	5	7	4	12	12
		Св. 6 до 10	6	8	4	16	16
	AA (ГОСТ 9324-80)	От 1 до 2	5	5	5	6	7
		Св. 2 до 3,55	5	5	5	6	7
		Св. 3,55 до 6	5	6	6	7	8
		Св. 6 до 10	-	6	7	8	9

Таблица 3. Характеристика допусков на погрешность профиля зубчатых колес

Допуск на погрешность профиля зубьев, мкм (ГОСТ 1643-72)							
Уточнение от степени к степени в 1,6 раза	Степень точности	Модуль m , (мм)	Диаметр делительной окружности d , (мм)				
			До 50	Св. 50 до 125	Св. 125 до 280	Св. 280 до 560	Св. 560 до 1000
	3	От 1 до 2	4	4	4	5	5
		Св. 2 до 3,55	4	4	4	5	5
		Св. 3,55 до 6	4	4	5	5	6
		Св. 6 до 10	-	5	5	6	7
	4	От 1 до 2	5	5	5	6	7
		Св. 2 до 3,55	5	5	5	6	7
		Св. 3,55 до 6	5	6	6	7	8
		Св. 6 до 10	-	6	7	8	9

Таким образом, начиная с обработки зубчатых колес 3-й степени точности, не имеется резерва точности по величине допуска f_{fo} на профиль зуба у существующих червячных фрез, и для дальнейшего ее повышения требуется создание специального осеблочного заточного и затыловочного оборудования нового поколения, что связано с большими затратами времени, трудовых и производственных ресурсов.

Анализ причин появления погрешностей f_{fo} профиля зуба фрезы показал [3], что они в основном вызваны рассмотренной выше группой конструктивных погрешностей, поэтому несовпадение плоского исходного контура и винтовой формы образующих зуб поверхностей у традиционных фрез не может быть устранено при любом повышении точности технологических процессов и применяемого оборудования

Предлагаемые червячные фрезы (патенты РФ №№ 2134183, 2134184, 2147495, 2147496, 2169061), устраняют указанные недостатки фрез традиционных конструкций, При этом их главными особенностями являются:

1. Оснащение многогранными быстросменными неперетачиваемыми пластинами из твердого сплава или сверхтвердых инструментальных материалов в широком диапазоне модулей (от 2,5 до 12 мм), что обеспечивает не только экономию материала, но и позволяет во всей полноте использовать их режущие свойства, в том числе за счет оптимизации геометрии режущего клина на вершинных и боковых режущих кромках и за счет наличия износостойкого покрытия на всех режущих поверхностях.

2. Возможность исключения погрешностей от несовпадения профилей плоского исходного зубчатого контура и винтовой поверхности основного червяка при любом количестве заходов, что обеспечивается переходом к гиперболоидным конструкциям фрез реечного типа.

3. Возможность увеличения количества режущих кромок (за счет компактного размещения пластин и стружечных канавок) до 90 на виток и до 360-540 на фрезу, что делает их конкурентоспособными с зуборезными протяжками по производительности, при использовании типового зубофрезерного оборудования, а также позволяет создать на их базе сборные шеверы, оснащенные пластинами из твердого сплава или СТМ.

4. Оптимальное сочетание количества режущих пластин на виток и количества заходов инструмента, что позволяет повысить его производительность в 3-5 раз, при одновременном повышении его стойкости, а также повышает точность и качество зубообработки за счет минимизации огранки и волнистости.

5. Исключение необходимости затылования и заточки зубьев при изготовлении, и переточек при эксплуатации, что устраняет погрешности, связанные с выполнением данных операций и с профилированием и эксплуатацией инструментов 2-го порядка, а также с уменьшением наружного диаметра фрез, влияющим на условия обкатки.

6. Возможность у фрез крупного модуля разделения пластин на 2 и 3 штуки с последующим оснащением ими только вершин, средней части и ножки зубьев, что обеспечивает дополнительное сокращение расхода пластин за счет менее частой их замены, т.к. величина износа режущих кромок на вершине, средней части и у ножки зуба изменяется в соотношении 15:3:1.

7. Возможность перехода к точечному формообразованию зубьев изделий, что исключает погрешности профиля зубьев фрез и сводит их конечную точность лишь к точности выполнения базовых поверхностей, направления витков, а также к точности пластин и к точности их установки на зубе фрезы.

Таким образом, при высокоточном изготовлении и селективном отборе пластин возможно уменьшение погрешностей профиля до 1-2 мкм, а их крепление в канавках корпуса пружинами сводит погрешности предлагаемых фрез лишь к погрешностям винтовой линии (таблица 2), т.к. при этом адекватно точности пластин уменьшается биение вершин и передних поверхностей зубьев. Такая точность повышает показатели червячных фрез ААА класса как минимум на 1 класс, а для ее достижения не требуется усложнения технологических процессов их изготовления и создания специального особоточного заточного и затыловочного оборудования нового поколения. Кроме того, потребность в таком оборудовании полностью исключается, поскольку изготовление и доводка пластин может выполняться на плоскошлифовальных станках.

Общие выводы по работе. Разработанные пружинно-пластинчатые червячные зуборезные инструменты позволяют уменьшить суммарные погрешности до 8...10 мкм, что делает их наиболее перспективными для обработки зубчатых колес 3-й и более

высоких степеней точности. При этом также обеспечивается повышение производительности зубонарезания в 2-5 раз за счет многозаходной обработки и повышение других экономических показателей за счет применения быстросменных режущих пластин из твердого сплава и СТМ., многократного применения корпуса и исключения операций затылования и переточек, а также за счет улучшения процесса резания и возможностей обработки по твердости и по материалу зубчатых изделий. Совокупность приведенных данных свидетельствует о целесообразности широкого применения предлагаемых червячных инструментов.

Список использованной литературы: 1. Verhaznen. /Hohmert Jurgen Von //VDI-Ztitschrift. 1991. Т.133. N10, - р.92-135. 2. Настасенко В.А. Комплексная оценка путей повышения производительности червячных фрез. // Машиностроение и техносфера XXI века. Сб. трудов X Междунар. науч.-техн. конф. в г. Севастополе. – Донецк, ДонГТУ, 2003, Т3. –с 290-297. 3. Настасенко В.А. Комплексная оценка путей повышения точности червячных фрез. // Машиностроение и техносфера XXI века. Сб. трудов Междунар. науч.-техн. конф. в г. Севастополе. –Донецк, ДонГТУ, 2004, Т2. –с.266-270. 4. Настасенко В.А. Комплексный подход к выбору формы передней и затылованной задней поверхностей зубьев высокоточных фрез //СТИН. 1998. №12. С.17-21.. 5. Производство зубчатых колес /Под общ. ред. Б.А.Тайца – М.: Машиностроение, 1990. – 464 с.

Сдано в редакцию 28.04.05
Рекомендовано д.т.н., проф. Михайлов А.Н.

ПРОДУКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДВОЗАХВАТНИХ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ НА ПОЗИЦІЯХ ДОПОМІЖНИХ ПРИСТРОЇВ

Павленко І.І., Мажара В.А. (КНТУ, Кіровоград, Україна)

In the given clause the labour productivity of double-ended changer of industrial robots on the position of auxiliary contrivances is considered. The general is classification of auxiliary devices and the structure of their time maintenance by their robots has been considered. Several examples of typical arrangements (configurations) have been also presented.

Застосування у виробництві роботизованих комплексів (РТК) передбачає використання технологічного обладнання (ТО), промислових роботів (ПР) та допоміжних пристроїв (ДП). Ефективність використання РТК залежить від його продуктивності і спроможності переналадки на випуск іншої продукції. Продуктивність РТК залежить від продуктивності роботи усіх його складових, і зокрема продуктивності роботи промислових роботів на позиціях ДП.

В роботах [1-3] наведені загальні оцінки по продуктивності роботизованих комплексів та опис конструкцій допоміжних пристроїв, але немає детального аналізу продуктивності роботи робота на позиціях ДП, яка впливає на продуктивність РТК в цілому, особливо коли час обробки деталі незначний, або вирішується питання використання одно захватних чи двозахватних роботів.

В даній роботі представлено особливості виконання допоміжних пристроїв (рис.1) та структуру продуктивності цієї частини РТК, проаналізовано час, що потрібний