

ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Арефьева А. А. – магистрантка гр. 8ТАПио-01, Щербаков Н. П. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Основными факторами успеха и конкурентоспособности в сфере промышленности является:

- снижение себестоимости продукции;
- повышение качества продукции;
- сокращение срока выхода продукции на рынок.

Этого можно достичь, применяя средства автоматизации при технологической подготовке производства (ТПП).

Технологической подготовкой производства называется совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих технологическую готовность предприятия к выпуску изделий заданного качества при установленных сроках, объеме и затратах.

Главной и самой ответственной частью ТПП является проектирование технологических процессов изготовления деталей и сборки узлов и изделия в целом с оформлением комплекта необходимой технологической документации.

Автоматизация ТПП в настоящее время является одним из основных направлений ее совершенствования.

Рост трудоемкости и сложности ТПП и ее низкое качество требует коренных изменений методов подготовки и использования вычислительной техники для этих целей.

Приоритетные направления для автоматизации ТПП на сегодняшний день это:

- АСТПП;
- САПР ТП;
- Экспертные системы ТПП.

Современные алгоритмы в САПР ТП различаются степенью приближенности в решении проектных вопросов.

При традиционном проектировании технолог сравнивает все варианты и стремится к:

- решению с минимальным числом операций и станков (структурная оптимизация);
- минимальной стоимости и трудоемкости операций (параметрическая оптимизация).

Автоматизированное проектирование требует полной формализации расчета всех возможных решений и выбор оптимального.

Решение задач технологического проектирования с помощью ЭВМ представляет собой моделирование деятельности технолога, проектирующего ТП.

Все задачи, решаемые технологом можно разделить на 2 группы:

1. Расчетные задачи (формализованные).

2. Нерасчетные задачи (неформализованные) - для этих задач нет формальных методов решения.

Технологическое проектирование – это последовательный процесс принятий решений по отдельным частным технологическим задачам

При автоматизации процесса принятия решений используется множество типовых решений

По уровню решаемых задач типовые решения подразделяются на:

- локальные – их относят к частным технологическим операциям задачам, определяющим часть проектируемого ТП;
- глобальные охватывают весь круг решаемых задач

Типовые решения различаются также по своей структуре на:

- одноэлементные – каждое типовое решение является единицей проектирования, единым элементом, который может быть принят целиком или не принят;
- многоэлементные – состоят из совокупности элементов, которые в процессе проектирования будут рассматриваться отдельно.

Существуют различные методы составления ТП на основе типовых решений:

- метод анализа (адресации) основан на выборе типового ТП, в результате обработки которого путем отбрасывания ненужных операций получается действующий ТП для конкретной детали;
- метод синтеза основан на локальных типовых решениях. Решение задачи синтезируется из решения частных задач, определяющих элементы ТП.

Метод анализа используется, когда на предприятиях имеется развитая групповая и типовая технология. Его основные достоинства: быстрое применение, использование всех достоинств метода групповой обработки.

Метод синтеза является универсальным, позволяет достаточно быстро проектировать оптимальные ТП, но является сложным в применении.

В основном, применяется совместное использование этих методов.

Система автоматизированного проектирования – это организационно-техническая система, состоящая из комплекса средств автоматизации проектирования (КСАП), взаимосвязанного с подразделениями проектной организации, и выполняющая автоматизированное проектирование.

Комплекс средств автоматизации проектирования включает в себя обеспечения:

- Техническое – это технические средства, предназначенные для автоматизированного проектирования.
- Программное – это различные программы и эксплуатационные документы.
- Информационное – это документы, содержащие описания стандартных проектных процедур, типовых проектных решений, типовых элементов, комплектующих изделий, материалов и другие данные, а также файлы и блоки данных на машинных носителях с записью указанных документов.
- Математическое – это совокупность математических моделей проектируемых объектов, методы и алгоритмы выполнения проектных процедур, используемые при автоматизированном проектировании.
- Лингвистическое – это языки САПР
- Методическое – это совокупность документов, устанавливающих состав, правила отбора и эксплуатации средств обеспечения автоматизированного проектирования.
- Организационное – это положения, инструкции, приказы, штатные расписания, квалификационные требования и другие документы, регламентирующие организационную структуру подразделений проектной организации и их взаимодействие с КСАП

Цели создания САПР:

- повышение качества и технико-экономического уровня проектируемых объектов;
- повышение производительности труда, сокращение сроков, уменьшение стоимости и трудоемкости проектирования.

Основная функция САПР – это выполнение автоматизированного проектирования на всех или отдельных стадиях проектирования объектов или их составных частей.

По назначению подсистемы САПР разделяют на два вида:

- проектирующие (выполняют проектные процедуры и операции);
- обслуживающие (предназначены для поддержания работоспособности проектирующих процедур).

Основные принципы создания САПР:

- системное единство;
- развитие;
- совместимость;
- стандартизация.

Деятельность значительной части фирм и отдельных коллективов в промышленно-развитых странах во многом зависит от их способности накапливать и перерабатывать информацию. Без компьютерной автоматизации уже невозможно производить современную сложную технику, требующую высокой точности. Во всем мире наблюдается резкое увеличение использования ЭВМ на производстве. Внедрение компьютерных и телекоммуникационных технологий повышает эффективность и производительность труда.

Сейчас происходит быстрый рост систем автоматизированного проектирования.

С помощью САПР выполняется разработка чертежей, проводится трехмерное моделирование изделия и процесса сборки, проектируется вспомогательная оснастка, составляется технологическая документация и управляющие программы для станков с ЧПУ, ведутся архивы.

Современные САПР применяются для сквозного автоматизированного проектирования, технологической подготовки, анализа и изготовления изделий в машиностроении, для электронного управления технической документацией.

АВТОМАТИЗАЦИЯ СЛЕСАРНОЙ ОБРАБОТКИ

Гайст С.В.- студент, Черепанов А.А. - к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В ходе предварительного анализа технологического процесса обработки корпуса форсунки, было принято решение усовершенствовать одну из операций с целью повышения уровня автоматизации технологического процесса и сокращение участия человека в процессе изготовления. Были предложены три метода по снятию заусенцев в топливоподводящем и дренажном канале:

Оставить слесарную операцию; применить магнитно-абразивную обработку; применить электрохимическую обработку;

Слесарная операция обладает следующими преимуществами:

Простота в применении; не требует крупных капиталовложений; требует минимум времени на обучение рабочего;

Недостатки слесарной операции:

Низкая производительность; влияние человеческого фактора на качество поверхности; тяжелый монотонный труд; низкий уровень автоматизации;

Из-за этих недостатков мы не можем оставить слесарную операцию. Магнитно-абразивная обработка обладает более высокой производительностью, лучшим качеством обработки поверхности, высоким уровнем автоматизации. Но, несмотря на свои преимущества, имеет ряд серьезных недостатков: сложность конструкции индуктора; небольшие размеры обрабатываемых отверстий усложняют доступ инструмента в зону обработки; забивание отверстий при обработке требует дополнительной промывки; высокая стоимость оборудования;

Электрохимическая обработка обладает следующими преимуществами: высокая производительность; расширение технологических возможностей; сокращается трудоемкость выполняемых работ; повышается качество обрабатываемых поверхностей; повышается уровень автоматизации; высвобождаются люди для других операций; простота конструкции; легкость и быстрота переналадки;

К недостаткам отнесем:

Необходимость установки дополнительного вентиляционного оборудования; повышаются затраты на электричество; требуется после обработки промывка детали от остатков электролита;

В данной работе производим замену слесарной операции на электрохимическую. В этой операции производится удаление заусенцев из топливоподводящих отверстий.

Устройство для электрохимической обработки цилиндрических отверстий

Изобретение относится к электрообработке и предназначено для чистовой обработки цилиндрических отверстий гибким катодом, связанным с механизмом растяжения. Целью изобретения является повышение производительности за счет сокращения вспомогательного времени.

Цель достигается тем, что неподвижный в процессе обработки и закрепленный одним концом гибкий катод несет на свободном конце жесткий наконечник, опирающийся на торец базового элемента, причем наконечник взаимодействует с закрепленным на несущей токоподвод и средство фиксации детали подвижной траверсе упором, обеспечивающим в рабочем положении растяжение катода.

Устройство состоит из основания 1, подвижной траверсы 2. На основании размещены база 3 для установки детали 4, базирующие элементы 5, 6 на которых размещается катод 7 в виде струны из нержавеющей стали. Один конец катода 7 закреплен в элементе 5 винтом 8. На свободном конце катода 7 закреплен наконечник 9, взаимодействующий в рабочем положении с упором 10, установленным на траверсе 2. Кроме того, на траверсе размещена токоподводящая лента 11 и подпружинивающая резина 12. В основании 1 выполнены каналы 13 для прокачки электролита в зазор 14.

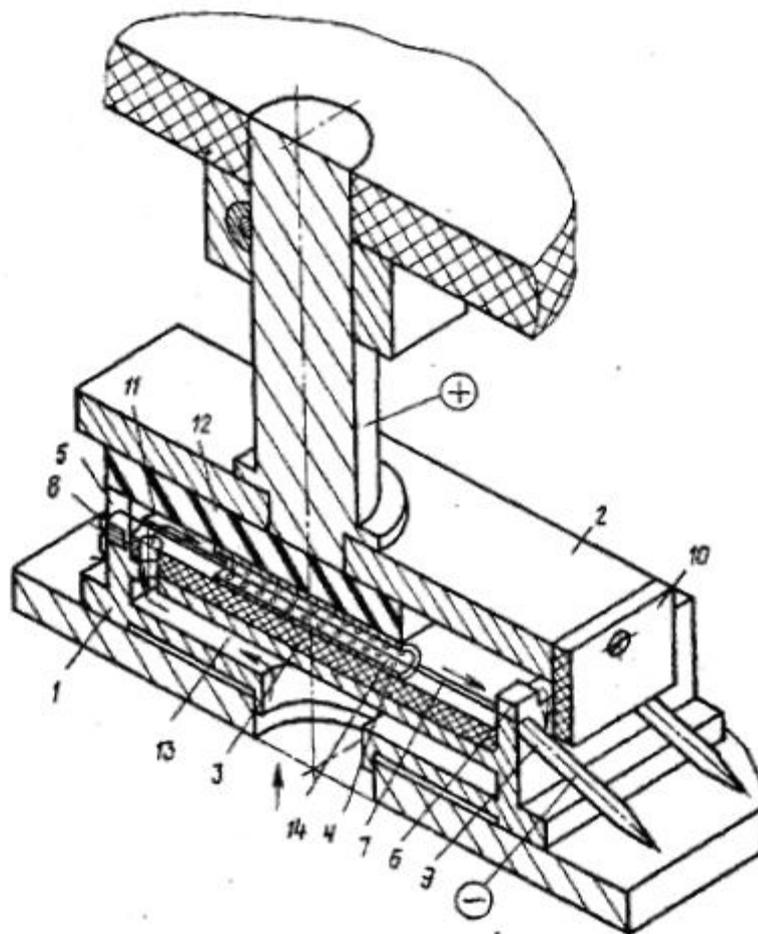


Рис. 1

ОПТИМИЗАЦИЯ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Богданов А.В. – магистрант гр. 8ТАПио-01, Щербаков Н. П. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Процесс совершенствования решения оптимизационных задач, бесконечен, как бесконечен и сам процесс познания. Это связано с тем, что человек все время

совершенствует оптимизационные решения с учетом новых открытий и научных знаний. А это и есть процесс все более системного (следовательно, и более точного) решения оптимизационных задач. Проблема оптимизации является общей и важнейшей задачей для любого процесса проектирования. Задача эта сложная и до сих пор не решена методически.

Оптимизация осуществляется на всех этапах и уровнях процесса проектирования. При этом решаются 2 типа оптимизационных задач: обеспечение принятия качественных решений (выбор принципиальных решений, т.е. вида, типа и схемы конструкции) или так называемая структурная оптимизация; обоснование принятия количественных решений, т.е. параметрическая оптимизация.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. При проектировании технических объектов существуют два вида оптимизации: структурная и параметрическая. Наиболее сложной из них является первая, так как она связана с оценкой творческих (структурных) решений.

2. Идеальной оптимизации нет и не будет вследствие бесконечности процесса познания. Можно лишь рассматривать идеальную оптимизацию как цель, к которой мы стремимся.

3. Оптимизацию надо рассматривать комплексно, так как результаты оптимизации зависят от полноты учета факторов (в первую очередь, исходной информации), от совершенства методики (алгоритмов) проектирования, в том числе от совершенства принятой мат. модели и таблиц соответствий, ограничивающих область применения соответствующих факторов, от точности расчетов, которая определяется указанными выше факторами.

Режущий инструмент выполняет 2 функции – формообразование поверхности детали и срезание припуска. При оснащении тех. процесса режущим инструментом возникают различные уровни решения задач проектирования.

С созданием систем автоматизированного проектирования (САПР) изменяется технология самого процесса проектирования и соответственно функции и роль конструктора. Усиливаются элементы творчества конструктора. Он должен уметь управлять всем процессом проектирования и принимать решения в сложных ситуациях, вводя их непосредственно в ЭВМ (без участия программистов).

В перспективе, в связи с реализацией гибких производственных систем (ГПС), стоит задача объединения системы технической системы производства и процесса производства в единую автоматизированную комплексную систему, управляемую с помощью ЭВМ. Здесь оптимизация принимаемых решений будет осуществляться более совершенно, что и обеспечит повышение эффективности использования автоматизированного проектирования и АСУ.

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ «РЕДАКТОР ИНСТРУМЕНТОВ» В САПР T-FLEX

Волкова О. А. – магистрантка гр. 8ТАПио-01, Щербаков Н.П. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

Система T-FLEX предназначена для решения задач технической подготовки производства любой сложности в различных отраслях промышленности. Комплекс объединяет системы для конструкторского и технологического проектирования, модули подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ и инженерных расчетов. Все программы комплекса функционируют на единой информационной платформе системы технического документооборота. Система состоит из подсистем:

- Системы комплекса T-FLEX DOCs;
- T-FLEX CAD;
- Комплексные решения;
- T-FLEX Анализ;
- T-FLEX Динамика;

- T-FLEX Расчеты/Зубчатые передачи;
- T-FLEX Технология;
- T-FLEX Техническое нормирование;
- T-FLEX ЧПУ;
- T-FLEX NC Tracer;
- T-FLEX /Пружины;
- T-FLEX/Раскрой;
- T-FLEX/Пресс-формы.

Среди преимуществ T-FLEX ЧПУ, определяющих успешное развитие системы на рынке CAD/CAM можно назвать модульное строение системы, сквозную параметризацию, специализированные модули для работы с инструментом и постпроцессорами. Ниже приведены пять основных достоинств, благодаря которым система T-FLEX ЧПУ является идеальным решением для многих предприятий:

- высокая функциональность;
- простота в освоении;
- качественное техническое сопровождение (адаптация системы к оборудованию клиентов, консультации конечных пользователей);
- бесплатное обновление .

Входящая в нее подсистема «Редактор инструментов» позволяет:

- задавать параметры инструментов следующих типов: фрезы цилиндрической, фрезы «ласточкин хвост», фрезы конической, фрезы бочкообразной, фрезы базовой , сверла, резца, резца резьбонарезного, резца проходного, фреза коническая 2, штамп;
- хранить параметры инструментов как на локальном диске, так и в сети;
- задавать новые типы инструментов.

Для каждого типа инструмента используются свои параметры. На рисунке 1 приведен пример задания параметров для сверла.

ОСНОВНЫЕ ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Карпов А. А. – магистрант гр. 8ТАПио-01, Щербаков Н. П. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Режущий инструмент является тем средством, без которого невозможно полностью реализовать заложенные в станках технологические возможности и достичь высоких технико-экономических показателей обработки деталей.

В последние годы конструкции инструментов претерпели принципиальные изменения. Основные отличительные особенности можно свести к следующим направлениям:

1. Использование в качестве режущих элементов механически закрепленных многогранных неперетачиваемых пластин различных режущих материалов (твердых сплавов, режущей керамики, синтетических сверхтвердых материалов). Оно гарантирует неизменность и окончательность геометрических параметров инструментов.

2. Применение малоразмерных твердосплавных инструментов

3. Использование при изготовлении инструментов новых инструментальных материалов: синтетических сверхтвердых материалов на основе углерода и нитрида, а также режущей керамики изменяет основу технологии механообработки, технологический маршрут и порядок назначения режима обработки.

4. Применение одно- и многослойных износостойких покрытий, наносимых на твердые сплавы и быстрорежущие инструментальные стали.

5. Использование подвода СОЖ под высоким давлением непосредственно в зону резания позволяет повысить эффективность механообработки.

Значительно изменилась и технология изготовления самих инструментов в связи с появлением новых технологических процессов, а также конструктивными изменениями самих инструментов. Общими технологическими особенностями являются следующие:

1. Широкое использование методов пластических деформаций при получении заготовок инструментов (горячая экструзия, продольно-винтовой прокат и т.д.).

2. Использование методов порошковой металлургии, в том числе для получения биметаллического инструмента.

3. Использование абразивных материалов из синтетических алмазов и нитридов бора, позволяющее существенно снизить шероховатость режущих и присоединительных поверхностей

4. Применение специальных высокоскоростных и высокопрочных абразивов в сочетании с системой обильного охлаждения создало возможность глубинного шлифования стружечных канавок, резьб и т.д.

5. Широкое использование станков с ЧПУ и многокоординатных обрабатывающих центров позволяет повысить производительность и точность, а также осуществить ряд принципиально новых конструктивных решений.

В современных условиях, когда сроки проектирования технологической оснастки и инструмента сокращаются и одновременно повышаются требования к их качеству, особенно актуален вопрос использования новых, более эффективных технологий проектирования и изготовления на базе использования CAD/CAM/CAE-систем с использованием сквозного проектирования.

В общем случае концепция сквозного проектирования с использованием CAD/CAM/CAE-систем должна включать ряд этапов:

1. Начальный этап концептуального проектирования объединяет процедуры структурного синтеза изделия и общеинженерные расчеты, определяющие основные параметры и характеристики изделия.

2. Создание геометрической модели изделия.

3. Инженерный анализ. На этом этапе сформированная модель подвергается расчетному исследованию на механические, тепловые, электромагнитные и прочие виды воздействий.

4. Выпуск конструкторской документации.

5. Разработка технологии обработки изделия на оборудовании с числовым программным управлением (ЧПУ).

Сформированная технология в дальнейшем может быть передана по каналам связи непосредственно в систему ЧПУ станка и выполнена.

Таким образом технически реализуется идея безбумажной технологии изготовления изделия.

Созданные базы инструмента сохраняются в файлах с расширением *.too. В справочнике данных содержатся все необходимые параметры для создания базы инструментов.

Однако анализируемая подсистема обладает и рядом недостатков:

- задавать параметры сверла с коническим хвостовиком;

- задавать число зубьев для фрезы (что влияет на шероховатость, силу резания).

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ СБОРНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Пятков М.А. – магистрант гр. 8ТАП-ио01, Щербаков Н.П. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Инструментальное обеспечение технологических процессов является одним из важных этапов производства в машиностроении. От качества, надежности и работоспособности

режущих инструментов (РИ) в значительной степени зависят качество и точность получаемых деталей, производительность и эффективность процесса обработки.

Конструкции сборных режущих инструментов одного служебного назначения различаются способами установки и крепления режущих элементов – пластин, т.е. структурной компоновкой и параметрами – размерами пластин, корпусных элементов или элементов крепежа. Ведущими мировыми производителями инструмента разработано большое количество сборных инструментов одинакового целевого назначения, а подходящую конструкцию пользователь выбирает в основном на основании необъективных рекламных материалов или производственного опыта (количество возможных вариантов выбора может достигать тысячи и более). С другой стороны, производителями режущего инструмента разработаны базы данных и экспертные системы выбора инструмента. Однако все они созданы для конкретных производственных условий, с применением различных подходов и достаточно сложны в использовании. Такие системы не позволяют сравнить между собой однотипные конструкции различных производителей или конструкции, укомплектованные из сборочных элементов различных производителей, а также изменить критерии выбора оптимальных вариантов конструкций инструментов.

Для решения указанных проблем предлагается создать автоматизированную систему, позволяющую на основе 3D-модели изделия и технологической информации (материал и твердость заготовки, размерные допуски, шероховатость поверхностей) автоматически формировать, ранжировать и выбирать различные варианты структурных компоновок режущего инструмента в зависимости от ряда критериев, рассчитывать оптимальные режимы резания.

Наиболее сложный этап подбора оптимальной конструкции режущего инструмента, выбор формы режущей пластины, представляет собой некоторую многокритериальную задачу. В качестве критериев оптимальности предлагается использовать такие характеристики пластин, как склонность к вибрациям, прочность пластины, эффективность отвода тепла из зоны резания и т.п.

Тип державки и форма режущей пластины определяются. Совместное определение этих элементов организовано из-за того, что они оказывают взаимное влияние друг на друга. Тип державки определяется используемой пластиной и зависит от направления подачи, размера припуска, вида заготовки и системы крепления на станке. С учетом технологической информации о детали выбирается оптимальная форма передней поверхности пластины и стружколома. Подбор инструментального материала основывается на материале и состоянии заготовки, условиях обработки, типе операции и возможностях оборудования.

Применение данной системы позволит повысить качество принимаемых решений, сократить сроки и снизить себестоимость подготовки производства. Также при разработке технологического процесса появляется возможность выбора с учетом технико-экономических показателей конструкции, обеспечивающей большую экономичность обработки.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Разгуляев А. О. – магистрант гр. 8ТАПио-01, Щербаков Н. П. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (Барнаул)

В современном производстве режущих инструментов (РИ) необходима снижать затраты на дорогостоящие материалы. На это направлено применение сменных многогранных пластин (СМП) которые делают из быстрорежущей стали или твердого сплава, корпус делают из более дешевого материала(конструкционной стали), что снижает расход дорогостоящих материалов. Химико-термическая обработка повышает твердость и износостойкость инструментов, что продлевает срок их службы,. Химико-термическое улучшение свойств режущих инструментов – хромирование, цианирование, обработка

паром, карбонитрация, износостойкие покрытия и другие – используются давно. При сравнительно небольших затратах эти способы во многих случаях повышают стойкость РИ в 2 раза и более. Большинство методов обеспечивает износоустойчивость тонкого поверхностного слоя стали при сохранении достаточно вязкой и прочной основной массы лезвия РИ.

Для стального и особенно твердосплавного инструмента получило широкое использование нанесение покрытий из нитридов и карбидов титана (TiN, TiC), вольфрама и других элементов в плазменной среде или путем конденсации – на установках. Толщина покрытий составляет обычно несколько микрометров; для лучшего сцепления с поверхностями РИ используются двухслойные покрытия. Стойкость инструментов с покрытиями повышается в 2-5 раз.

Использование химико-термического улучшения позволяет снизить использование дорогостоящего материала на изготовление РИ.

Совмещение СМП и химико-термическую обработку позволяет делать СМП из более дешевых материалов и с помощью химико-термической обработки возможно наделение необходимых свойств для выполнения операций.

РАСЧЕТ УСТАНОВИВШИХСЯ АВТОКОЛЕБАНИЙ ПРИ ТОЧЕНИИ МЕТАЛЛОВ С УЧЕТОМ КООРДИНАТНОЙ СВЯЗИ

Леонов С.Л. – д.т.н., профессор, Белов Е.Б. – аспирант, Белов А.Б. – аспирант,
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

На современном этапе установлено, что при резании металлов наблюдаются два вида колебаний: вынужденные колебания, вызываемые периодически действующими внешними силами, и автоколебания, которые не зависят от действия внешних сил. Причины появления вынужденных колебаний наиболее ясны и потому сравнительно легко устранимы. Появление автоколебаний не связано с какой-либо внешней периодической силой, они являются самовозбуждающимися колебаниями. В связи с этим необходимо уделить большое внимание изучению и умению управлять автоколебаниями, умению прогнозировать их появление еще на этапе проектирования технологических процессов механической обработки деталей. Умение управлять автоколебаниями в процессе обработки резанием является актуальной задачей при обеспечении заданной точности и производительности, а также при создании экономически оправданных технологических процессов обработки деталей.

Одним из источников возникновения автоколебаний является переменная сила резания, которая возникает от нелинейности деформации поверхностного слоя обрабатываемого материала или от образования нароста на передней поверхности инструмента и периодический его срыв, вследствие чего изменение геометрии инструмента в кинематической системе [2].

Ранее проведенными исследованиями были получены формулы для расчета тангенциальной (P_z) и нормальной силы резания (P_y). Аналитические выражения для расчета составляющих силы P_z и P_y получены аппроксимацией экспериментальных данных методом наименьших квадратов [3].

Так же источником возбуждения автоколебаний является координатная связь. Она проявляется в том, что в общем случае под действием приложенной силы вершина резца стремится сместиться не только в направлении вектора силы, но и в ортогональном направлении. Это происходит из-за того, что жесткость инструментального узла различна по разным направлениям, т.е. существуют главные оси жесткости (оси V_1 и V_2), которые обычно не совпадают с координатными осями станка [1]. На рисунке 1 приведена расчетная схема для математического описания колебательной системы.

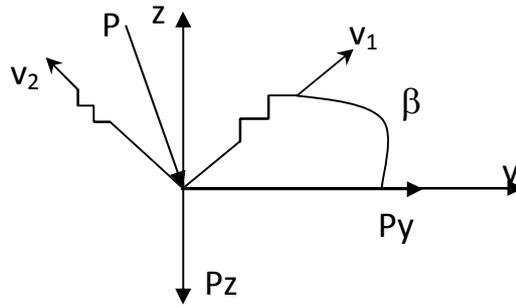


Рисунок 1. - Расчетная схема для описания колебаний

Рассмотрим возбуждение автоколебаний за счет координатной связи (Рис.1) и нелинейной зависимости силы резания от параметров режимов резания [1]. Примем, что система имеет одну степень свободы, т.е. рассматриваются колебания только одного элемента - токарного резца вдоль осей y и z . Тогда уравнение движения представляет собой систему двух нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{V}_1 + G_1 \dot{V}_1 + C_1 V_1 = Py(V_\phi; t_\phi) \cdot \cos \beta - Pz(V_\phi; t_\phi) \cdot \sin \beta \\ m_2 \ddot{V}_2 + G_2 \dot{V}_2 + C_2 V_2 = -Py(V_\phi; t_\phi) \cdot \sin \beta - Pz(V_\phi; t_\phi) \cdot \cos \beta \end{cases} \quad (1)$$

где: $m_1; m_2$ – приведенные массы резца;

G_1, G_2 – коэффициент демпфирования;

C_1, C_2 – жесткость по осям y и z ;

V_ϕ – фактическая скорость резания;

t_ϕ – фактическая глубина резания;

$V_1; V_2$ – перемещение вершины резца в направлении осей жесткости.

Система уравнений (1) позволяет описать устойчивость технологической системы на различных участках зависимости силы от скорости резания. Для расчета автоколебаний необходимо численными методами решать систему дифференциальных уравнений (1) при рассчитанных силах резания [4]. Для получения установившихся автоколебаний необходимо задаваться достаточно большим временем, что значительно увеличивает продолжительность расчета. При этом на основании расчетов и при экспериментальных исследованиях замечено, что колебания в основном являются моногармоническими.

В соответствии с этим разработан алгоритм получения первой гармоники установившихся колебаний по двум координатам, который позволяет исключить из расчетов переходной процесс:

1. Задаем предварительно частоту $\omega \approx \sqrt{\frac{C_z}{m_z}}$ и амплитуду колебаний A .

2. Выбираем время расчета $\tau_k > T$, $T = \frac{2\pi}{\omega}$ – период колебаний.

3. Полагаем $V_1 = A_1 \cdot \sin \omega \cdot \tau$; $V_2 = A_2 \cdot \sin \omega \cdot \tau$. Дифференцированием получаем выражения для $\dot{V}_1; \ddot{V}_1$ и $\dot{V}_2; \ddot{V}_2$

4. Подставляем полученные выражения в формулы (1) и получаем таблицу значений правой и левой части системы уравнений (1) за время τ_k .

5. В соответствии с методом наименьших квадратов подбираем значения ω и A , обеспечивая выполнение равенства в системе (1). Для этого можно использовать надстройку "Поиск решения" табличного процессора Excel.

Описанный алгоритм учитывает координатную связь, и позволяет за незначительное время рассчитать параметры первой гармоники автоколебаний. При необходимости получения более высоких гармоник алгоритм практически не меняется, только для расчета колебаний используется полигармоническое выражение.

Литература:

1. Кудинов В.А. – Динамика станков. – М.: Машиностроение, 1967. – 359 с.
2. Леонов С.Л. – Основы создания имитационных технологий прецизионного формообразования/ – Барнаул: АлтГТУ, 2006.-198 с.
3. Леонов С.Л., Белов Е.Б., Рябцева О.П., - Прогнозирование автоколебаний при точении металлов/ «4-я Всероссийская научно-техническая конференция» АлтГТУ им. И.И. Ползунова. – Барнаул 2010.
4. Леонов С.Л., Белов Е.Б., Белов А.Б. – Расчет установившихся автоколебаний при токарной обработке/ «9-я Всероссийская научно-практическая конференция» – Новосибирск 2011.

МЕТОДИКА ИДЕНТИФИКАЦИИ ОПЕРАЦИИ ПЛОСКОГО ШЛИФОВАНИЯ ПЕРИФЕРИЕЙ КРУГА

Витвинов М.К. – аспирант, Леонов С.Л. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

Задача идентификации является одной из основных проблем управления технологическими системами. Обычно идентификацией системы называется построение ее модели, совпадающей по определенным показателям с исходной системой.

Рассмотрим операцию плоского шлифования периферией круга как технологическую систему для преобразования исходного профиля заготовки в профиль детали. В этом случае входным сигналом является профиль заготовки, а выходным - профиль обработанной поверхности детали (рисунок 1).



Рисунок 1. Система для преобразования исходного профиля заготовки в профиль детали

Для математического описания систем широко используется аппарат передаточных функций:

$$W_{\text{оп}}(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{a_k s^k + a_{k-1} s^{k-1} + \dots + a_1 s + a_0}{a_k s^k + a_{k-1} s^{k-1} + \dots + a_1 s + a_0}, \quad (1)$$

где $X(s)$, $Y(s)$ – соответственно лапласовы изображения входного и выходного сигналов (профиля заготовки и профиля детали).

Для идентификации технологической системы необходимо определить коэффициенты передаточной функции (1). Для решения данной задачи предлагается использовать частотные характеристики системы и классический принцип суперпозиции сигналов.

По определению амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ) является зависимость отношения амплитуды выходного сигнала к амплитуде входного сигнала в установившемся режиме работы системы. Вид АЧХ полностью определяется видом передаточной функции. И наоборот - вид передаточной функции зависит от вида АЧХ.

Вместо АЧХ ($A(\omega)$) часто используют ее представление в логарифмических координатах $L(\omega) = 20 \lg A(\omega)$. Зависимость $L(\omega)$ называют логарифмической амплитудно-частотной характеристикой (ЛАЧХ). На практике вместо ЛАЧХ для простоты построений используют асимптотическую ЛАЧХ - аппроксимацию ЛАЧХ ломаной линией со стандартными углами наклона, кратными 20 дБ/дек. Вид графика асимптотической ЛАЧХ однозначно связан с

видом передаточной функции системы.

Для линейных систем справедлив принцип суперпозиции: если на вход системы подается линейная комбинация элементарных сигналов $x = \sum_i x_i$, на ее выходе также

получается линейная комбинация сигналов $y = \sum_i y_i$, каждый из которых (y_i) является

реакцией на элементарный входной сигнал x_i . Поэтому задачу получения АЧХ можно упростить, если создать более простой профиль заготовки, включающий в себя сумму большого количества гармоник. Далее на выходе системы из получаемого профиля выделяются гармоники с частотой, соответствующей частотам исходного профиля. Для этого можно применять известные алгоритмы гармонического анализа. Отношение амплитуд гармоник детали к амплитудам гармоник заготовки дает амплитудно-частотную характеристику, по которой получается ЛАЧХ

Для идентификации операции плоского шлифования периферией круга в качестве исходного профиля заготовки предлагается использовать профили пилообразной формы или формы меандр (рисунок 2). Эти профили дают при разложении в ряд Фурье теретически бесконечное количество гармоник различных частот, а практическое их получение не является трудоемким.

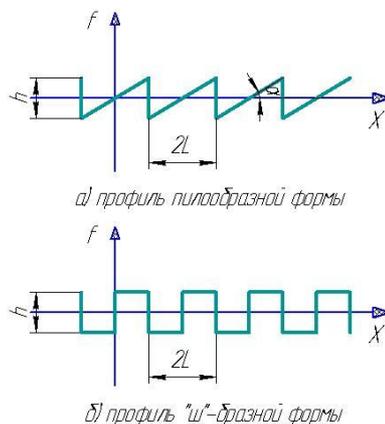


Рисунок 2. Профиль заготовки

Описание упругой системы с помощью аппарата передаточных функций открывает дополнительные возможности для ее анализа. При этом:

- значительно упрощается анализ и преобразование структурной схемы упругой системы и получение ее математического описания по математическому описанию составляющих элементов и подсистем;
- за счет получения частотных характеристик появляется возможность исследования резонансных явлений и вынужденных колебаний, приводящих к образованию волнистости поверхности основы
- становится возможным анализ координатной связи и устойчивости технологической системы;
- использование нелинейного математического описания позволяет анализировать автоколебания в технологической системе.

Используемая литература:

1. Леонов С.Л., Зиновьев А.Т. Основа создания имитационных технологий прецизионного формообразования. / Алт.гос.техн.ун-т им.И.И.Ползунова. –Барнаул:Изд-во АлтГТУ, 2006. -198 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДИСКОВОЙ ТРЕХСТОРОННЕЙ ФРЕЗЫ

Арефьева А. А. – магистрантка гр. 8ТАПио-01, Хоменко В. А. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (Барнаул)

Технология изготовления дисковой трехсторонней фрезы, применяемая на производстве, включает в себя: ковку заготовки; предварительную обработку наружного диаметра, торцев, сверление и растачивание установочного отверстия – фрезерование гнезд под режущие пластины и стружечных канавок; установку, закрепление твердосплавных пластин и припоя Л68 в корпус фрезы и пайку на высокочастотной установке ЛЗ107В; чистовое шлифование установочного отверстия, наружного диаметра и торцев фрезы, заточку и доводку режущих зубьев.

Достоинством данной технологии является то, что все операции производятся на универсальном оборудовании, стандартным инструментом с использованием стандартной оснастки.

К недостаткам технологии следует отнести большую трудоемкость изготовления фрезы из-за значительного количества операций механической обработки, а также наличие внутренних напряжений, возникающих в припое и твердом сплаве после пайки из-за разницы в 2-3 раза коэффициентов теплового расширения стального корпуса фрезы и пластин твердого сплава ВК8, что приводит к появлению трещин как в припое, так и в твердом сплаве.

В целях устранения недостатков существующей технологии был проведен анализ альтернативных способов крепления твердосплавных пластин к корпусу и технологий изготовления инструмента армированного твердым сплавом.

Распространенный в настоящее время метод механического крепления твердого сплава к корпусу инструмента для рассматриваемой конструкции дисковой трехсторонней фрезы не может быть применен из-за малой площади для размещения узла крепления пластины.

Технология диффузионной сварки в вакууме позволяет получать высококачественные соединения твердого сплава с корпусом изделия при использовании припоев на основе никеля. Однако, сложность и высокая стоимость специализированного оборудования, а также технологическая сложность исполнения пайки каждого зуба фрезы не позволяет рекомендовать данную технологию для изготовления данной конструкции фрезы.

Технология бесприпойного соединения твердого сплава с корпусом инструментом методом литья по выплавляемым моделям позволяет получать прочное соединение корпуса инструмента с твердым сплавом группы ВК.

Достоинства данного метода заключаются в следующем: минимальные напряжения в твердом сплаве и жесткая опора под твердым сплавом в результате отсутствия припоя; снижение себестоимости изготовления инструмента в 2-3 раза за счет сокращения механической обработки.

В условиях современного производства необходимо выбрать технологию бесприпойного соединения твердого сплава с корпусом инструментом методом литья по выплавляемым моделям. Это позволит повысить прочность соединения, снизить внутренние напряжения в твердом сплаве, а также снизит себестоимость изготовления.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КРОМКСТОЙКОСТИ АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА

Валиев Д.Л. – студент, Аскалонова Т.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

Практика шлифования коленчатых валов показала, что предусмотренные в цикле правки не обеспечивают стабильной работы круга в течение периода его эксплуатации. Повышенная сложность условий шлифования вызвана неоднородностью физико-механических свойств

обрабатываемого материала (сочетание сырой галтели и закаленной шейки) и особенно нестабильностью припусков на шлифование шек, приводящие к значительным динамическим нагрузкам на кромку круга в зоне касания его радиуса с галтелью. В результате происходит повышенный механический износ кромки, круг теряет требуемый геометрический профиль и не обеспечивает заданный радиус галтели. Все это указывает на необходимость **поиска способов повышения кромкостойкости шлифовальных кругов** при обработке коленчатых валов и продолжения исследований в этой области. [1]

У кромки или режущей части любого абразивного инструмента есть определенный ресурс, он то и называется *кромкостойкостью*. Анализ работ по отделочной обработке коленчатых валов и наши исследования показали, что введение в абразивную массу шлифматериалов меньшей зернистости в 4-5 раз, чем основные зерна, приводит к упрочнению тела круга. Наполнитель вводится в количестве 20% от массы зерна. Благодаря этому, происходит увеличение числа мостиков сцепления связки с зерном. Кроме того, упрочняются сами мостики связки, повышается их твердость и при шлифовании такая связка участвует в процессе резания металла, повышается в целом абразивная способность круга и обеспечивается повышение кромкостойкости. [2,3]

Ещё один способ повышения эксплуатационных свойств шлифовальных кругов это импрегнирование (пропитка), т. е. насыщение пор инструмента специальными веществами, улучшающими его режущие свойства и повышающими стойкость.

В промышленности применяют пропитку абразивных инструментов серой, фенолформальдегидной смолой, парафином, стеарином. Для заполнения пор составы необходимо расплавить, обеспечить требуемый перепад давлений, что требует создания специальных устройств.

Технология пропитки шлифовального круга достаточно проста, она заключается в том, что медленно вращающийся круг погружается в раствор (или расплав) пропиточного состава на 10-15 минут. После этого круг подвергается сушке в течение суток, а затем поступает в работу. Относительное увеличение масса круга определяет процент насыщения импрегнатором. Процент увеличения массы круга после пропитки зависит от плотности самого импрегнатора.

Рассмотрим в качестве пропиточных составов пять различных марок импрегнаторов, представляющих собой группы различных соединений: сера кристаллическая в расплаве, латекс марки ДММА, много функциональная присадка ЛЗ26, роданид аммония. Раствор хлорсульфинового полиэтилена ХСППЭ в растворе толуола.

Общеизвестно, что эксплуатационные свойства шлифовальных кругов находятся в тесной связи с их физико-механическими свойствами.

На рисунке 1 представлено влияние импрегнирования кругов на их прочность.

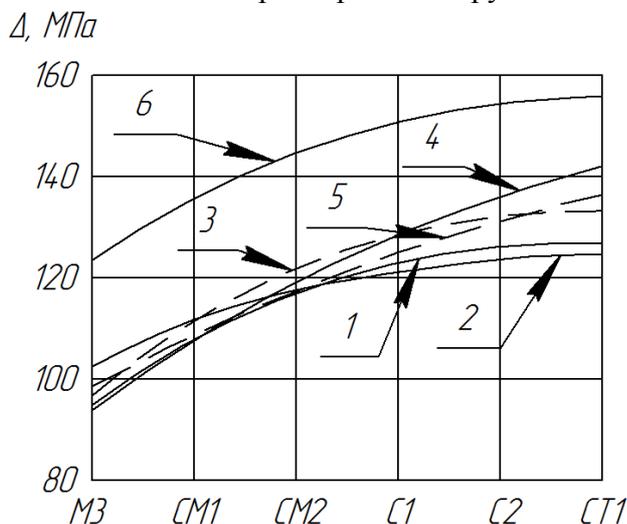


Рисунок 1. Пределы прочности на разрыв кругов:

1) круг не импрегнирован; 2) РА; 3) ХСПЭ; 4) ДММА; 5) А326; 6) сера

Поиск наиболее эффективного импрегнатора по стойкостному критерию из числа исследованных однозначно выявил преимущества многофункциональной присадки к моторным маслам марки Л326. Влияние режимов резания импрегнированных кругов на период их стойкости представлено на рисунке 2 и 3.

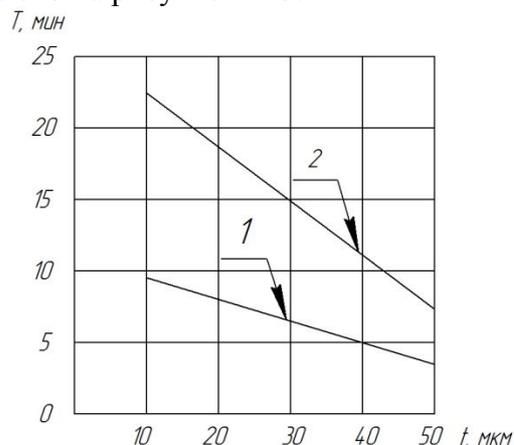


Рисунок 2. Влияние глубины резания и импрегнирования на стойкость круга $V_{ст}=8$ м/мин; $S=1$ мм/ход: 1-круг не пропитан; 2-круг пропитан

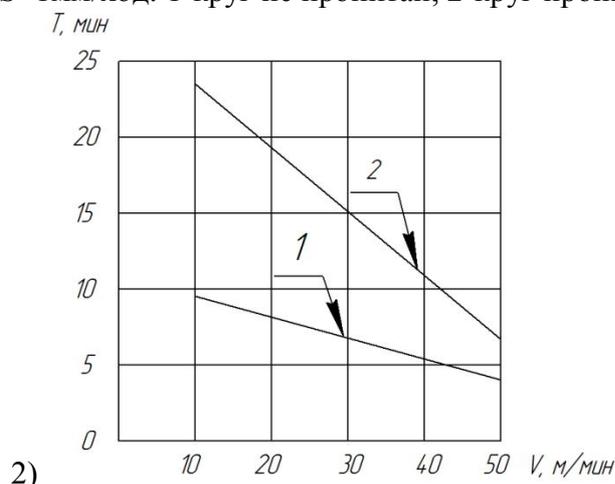


Рисунок 3. Влияние скорости стола и импрегнирования на стойкость круга $t=20$ мкм; $S=1$ мм/ход: 1-круг не пропитан; 2-круг пропитан

Повышение стойкости кругов в результате пропитки смазочно-активными составами связано с изменением температуры в зоне шлифования примерно в 1,3-1,5 раза. Из данных этих рисунков видно, что период стойкости кругов в результате импрегнирования увеличивается в среднем в 2,5 раза. Причем этот эффект сохраняется в довольно широком диапазоне режимов шлифования.

Таким образом, в качестве основного вывода к приведенным выше результатам следует, что импрегнирование шлифовальных кругов существенно улучшает их режущую способность, и повышает стойкость кругов, не влияя отрицательно на их физико-механические свойства

ЛИТЕРАТУРА

1. Братчиков А.Я. – Опыт применения пропитанных шлифовальных кругов. Абразивы №3, 1981г.
2. Худобин Л.В., Бердичевский Е.Г. – Техника применения смазочно-охлаждающих средств в металлообработке.
3. Валиев Д.Л. – Пути повышения износостойкости коленчатых валов тракторных двигателей// 7-я Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Наука и молодежь - 2010" / Алт. гос. тех. ун. им. И.И. Ползунова.- Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2010. («Горизонты образования». Научно-образовательный журнал АлтГТУ).

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ НАКАТНОГО ИНСТРУМЕНТА

Разгуляев А.О, магистрант, Иштутин Е.А, аспирант, Марков А.М, профессор

В современном отечественном машиностроении выбран путь существенного усовершенствования технологических процессов, как в целом, так и по отдельным операциям и видам оборудования. Решение этой задачи осуществляется путем создания и внедрения новых прогрессивных способов обработки деталей. Выбранный путь модернизации предусматривает существенное сокращение отходов и потерь металла за счет замены технологических процессов, основанных на резании металла, экономичными методами безотходного производства деталей.

Многие эксплуатационные свойства деталей машин в значительной степени обуславливаются геометрическими характеристиками микрорельефа и физико-механическим состоянием поверхностного слоя рабочих поверхностей деталей. Улучшение эксплуатационных характеристик деталей за счет оптимизации микрорельефа и физико-механических свойств поверхностного слоя металла стало возможным при использовании метода накатывания. Накатывание – вид обработки металлов и других материалов путем поверхностного пластического деформирования при помощи накатного инструмента: роликов, зубчатых накатников, плашек.

Распространены три вида обработки накатным инструментом: формообразующая накатка, упрочняющая накатка, накатка или насечка рисунка.

Процесс получения рифленной поверхности деталей осуществляется роликами с насечкой. Ролики изготавливают из сталей: конструкционных (сталь 45), легированных (ШХ15, ХВГ, 9Х, 5ХНМ, Х12), углеродистых инструментальных (У10А, У12А), быстрорежущих (Р6М5, Р9) или твердого сплава (ВК8).

При выборе сталей для накатного инструмента и режимов термической обработки необходимо стремиться к получению максимальной усталостной прочности рабочей части инструмента. Материалы, обладающие данными свойствами, имеют довольно высокую стоимость. Применяют и более дешевые материалы, подвергнутые различным видам упрочнения. Основная причина выхода из строя накатного инструмента является скол и физический износ рабочей поверхности. На которые влияют не только износостойкость инструмента, но и технология изготовления с режимами эксплуатации. Для повышения износостойкости применяют термическую, химико-термическую, термоциклическую обработку и нанесение износостойких покрытий. ХТО сочетает два воздействия на металл: тепловое и химическое. В результате изменяется состав, структура и свойства поверхностного слоя. Для изменения химсостава изделия нагревают в активной среде.

Однако отсутствие зависимостей, связывающих эксплуатационные характеристики накатывания и параметры технологического процесса упрочнения, не позволяют широко внедрить данные виды упрочнения.

Указанные зависимости могут быть получены в ходе экспериментальных исследований. Известно, что геометрические параметры инструмента и скорость накатывания находится в узком диапазоне и не оказывает существенного влияния на стойкость накатного инструмента. В этой связи, в качестве варьируемого управляющего параметра может быть принята сила, необходимая для пластического деформирования профиля. В качестве экспериментальных образцов предлагается использовать накатные ролики (рис 1), изготовленные из стали Х12 и стали 45, с треугольным профилем регулярного рельефа, подвергнутых химико-термической и термоциклической обработки на различных режимах.



Рис. 1. Накатной инструмент после упрочнения.

Контроль эксплуатационных характеристик накатного инструмента может осуществляться по изменению геометрии профиля.

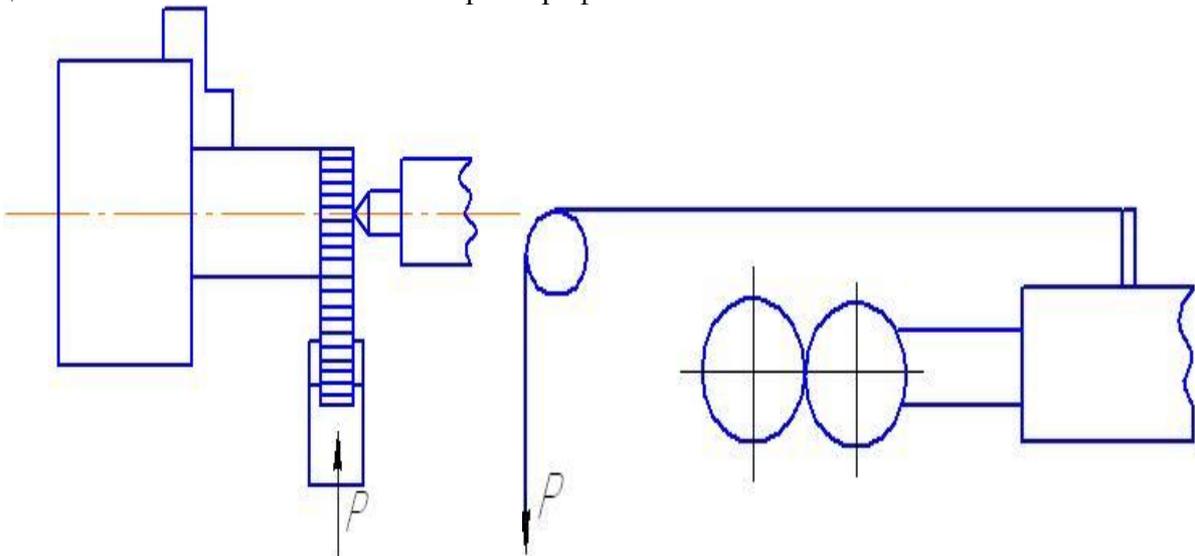


Рис. 2. Схема экспериментальной установки.

Экспериментальная установка может быть смонтирована на токарном станке, после его незначительной модернизации, связанной с обеспечением контроля усилия необходимого для пластического деформирования обрабатываемого материала (рис 2).

Из эксперимента определяется сила необходимая для накатывания и время эксплуатации при критических условиях. По результатам эксперимента выбирается вариант упрочнения накатного инструмента с оптимальной стойкостью и экономической целесообразностью, составляется технология изготовления накатного инструмента с использованием оптимальных методов упрочнения.

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ХОНИНГОВАЛЬНЫХ БРУСКОВ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Рыжков А.В. – магистрант, Аскалонова Т.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

Микрорельеф поверхности, обработанной хонингованием, формируется в результате многократного взаимодействия с инструментом и в значительной мере определяется его состоянием. Исследования микрорельефа режущей поверхности алмазно-абразивного инструмента показали, что он зависит от характеристики инструмента и технологических параметров хонингования [1]. Изменения микрорельефа инструмента вызывают соответствующие изменения обрабатываемой поверхности, шероховатость которой зависит от целого ряда факторов и может быть представлена в виде функции:

$$Ra = f(Vo, Vbn, Kc, \varepsilon, \rho, H_{max}, N_{зв}^1, l_{пер}, P_{пз}), \quad (1)$$

где Vo, Vbn – технологические параметры процесса хонингования;

Kc – коэффициент стружкообразования.

Снятие металла в виде стружки при царапании абразивными элементами, имеющими округлённое режущее лезвие, начинает происходить при вполне определённом для данного обрабатываемого материала соотношении глубины внедрения лезвия к радиусу его округления. Физико-механические свойства обрабатываемого материала так же оказывают значительное влияние на процесс стружкообразования. У пластичных материалов доля срезаемого слоя металла в виде стружки значительно ниже, чем у твёрдых.

Поэтому

$$Kc = 0,3824 \cdot \ln(HV) - 2,498, \quad (2)$$

HV – твёрдость поверхности обрабатываемого материала.

Зависимость (2) позволяет определить коэффициент Kc , используя постоянную физико-механическую характеристику обрабатываемого металла – его твёрдость. [2]

$\varepsilon, \rho, H_{max}, l_{пер}$ – параметры микрорельефа рабочей поверхности инструмента – угол заострения единичной вершины алмазного зерна, радиус округления единичной вершины, максимальная высота микропрофиля рабочей поверхности инструмента, расстояние между зёрнами на рабочей поверхности инструмента, соответственно;

$N_{зв}^1$ – количество эффективных вершин на одном зерне.

Алмазное хонингование характерно участием множества режущих элементов, многовершинных зерен, в снятии мельчайших стружек. Следуя одно за другим, отдельные зерна и их вершины попадают в ранее образованные риски-царапины и вследствие этого не участвуют в активном резании. Из общего количества внедрившихся вершин на одном зерне $N_{зв}^1$ эффективной будет лишь некоторая часть из них – $N_{эв}^1$. Анализ этого явления выполняется из условия вероятности попадания вершин в определенную зону - $l_{пер}$, называемую зоной перекрытия. [3]

$P_{пз}$ – вероятность перекрытия зёрен в процессе обработки.

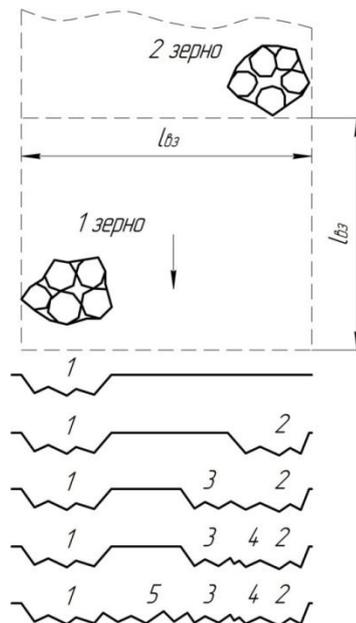


Рисунок 1. Последовательность удаление металла в пределах элементарного участка.

В процессе движения отдельное впереди идущее многовершинное зерно, имеющее $N_{ЭВ}^1$ эффективных вершин, оставляет такое же количество рисок-царапин на обрабатываемой поверхности. Последующие за ним зерна имеют двойную вероятность: попасть в след этих царапин или образовать самостоятельную бороздку – царапину. Для удобства анализа рабочая поверхность бруска, представленная на рисунке 1, разбивается на полоски шириной, равной средневероятному расстоянию между внедрившимися зернами $l_{эз}$. [3]

В пределах данной ширины элементарной части бруска по мере увеличения числа проходящих зерен возрастает доля снятого металла вплоть до полного удаления в пределах исходной глубины микрорезания-царапания $h_{ц}$. В этом случае за зону перекрытия единичного зерна рекомендуется принимать суммарную ширину перекрытия от всех эффективных вершин, определяемую произведением ширины зоны перекрытия $l_{пер}$ единичной вершины на количество эффективных вершин $N_{ЭВ}^1$ одного зерна

$$L_{пер} = N_{ЭВ}^1 \cdot l_{пер} = N_{ЭВ}^1 \cdot 0,6 \cdot B_{ц} \quad (3)$$

$B_{ц}$ – ширина царапины, образуемой единичной вершиной при средней глубине микрорезания-царапания.

Вероятность совпадения (перекрытия) зерен при этом следует определять по следующей формуле:

$$P_{пз} = \frac{L_{пер}}{l_{эз}} \left(1 + \frac{L_{пер}}{l_{эз}} \right)^{m-1}, \quad (4)$$

где m - количество зерен, проходящих через элементарный участок детали.

Из выше сказанного можно сделать вывод, что все параметры рабочей поверхности алмазного инструмента непосредственно или опосредованно зависят от зернистости алмазного порошка. В результате получен график зависимости шероховатости обрабатываемой поверхности от номинального размера зерна, то есть зернистости инструмента (Рисунок 2).

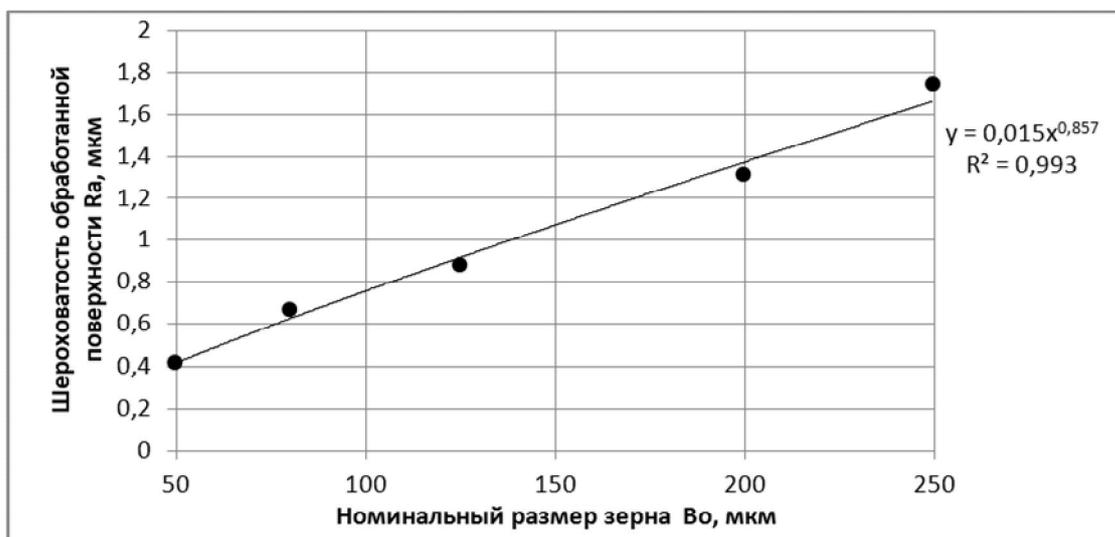


Рисунок 2.

Аппроксимируя график находим его математическое выражение:

$$Ra = 0,015 \cdot Vo^{0,857} \quad (5)$$

V_o – номинальный размер алмазного зерна, мкм.

Полученное уравнение (5) связывает характеристики хонинговальных брусков с показателями качества обрабатываемой поверхности и позволяет выбирать инструмент с необходимыми техническими характеристиками в зависимости от требуемых качественных показателей обрабатываемой поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

4. Аскалонова Т.А. Исследование работоспособности хонинговальных брусков при обработке малых отверстий в стальных закаленных деталях. Диссертация. Барнаул, 1973.

5. Новоселов Ю.К., Аскалонова Т.А., Леонов С.Л., Кулагин С.П. Формирование микрорельефа деталей на финишных операциях алмазно-абразивными инструментами. Барнаул, 1991.

6. Рыжков А.В., Лукин Л.Н., Аскалонова Т.А. Нормирование процесса хонингования в зависимости от кинематики процесса и расположения зерен на рабочей поверхности алмазных брусков: г.Барнаул 7-я Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Наука и молодежь - 2010" стр.8-10.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИ ВЫГОДНЫХ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ЗУБОФРЕЗЕРОВАНИИ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫМИ ЧЕРВЯЧНЫМИ ФРЕЗАМИ

Черданцев П.О., ассистент кафедры ТМиММ, Барсукова О.А., студент

Рассмотрим укрупнённо структуру себестоимости зубофрезерной операции. При этом затраты, не зависящие от режимов резания (например, затраты на наладку станка) учитывать не будем, так как от их величины вопрос назначения режимов резания (скорости резания v и подачи на оборот стола S) не зависит. Таким образом, полагаем, что себестоимость (C) операции складывается из затрат на режущий инструмент ($З_{р/и}$), затрат на оплату труда рабочего ($З_{з/п}$) и затрат на электроэнергию ($З_{э/э}$):

$$C_{сб} = З_{р/и} + З_{з/п} + З_{э/э}$$

Величина затрат на режущий инструмент может быть описана следующей зависимостью:

$$З_{р/и} = \frac{t}{T} \cdot C_{р/и}$$

где t_0 – основное время на обработку одной заготовки, мин; T – стойкость червячной фрезы, мин; $C_{р/н}$ – стоимость режущего инструмента, руб.

Зависимость стойкости от скорости резания и подачи на оборот стола получена в ходе экспериментальных исследований:

$$T = 15520693,7530v^{-2,5456}S^{-0,9574}.$$

Основное время, затрачиваемое на обработку одной детали, зависит от подачи на оборот стола (S), частоты вращения стола ($n_{ст}$), ширины нарезаемого венца (B), числа заготовок в пакете (i), а также глубины врезания фрезы (ℓ) и перебега (ℓ_1), зависящих в свою очередь от наружного диаметра червячной фрезы (D_e) и глубины резания (t). В общем виде эта зависимость может быть представлена в виде:

$$t_0 = \frac{k \cdot B}{S} \cdot \frac{1}{n_{ст}},$$

где k – коэффициент, учитывающий глубину врезания, перебег и число заготовок в пакете.

Частота вращения стола зависит от частоты вращения фрезы как

$$n_{ст} = \frac{n_{фр}}{z},$$

где z – число зубьев нарезаемого колеса.

Частота вращения фрезы связана со скоростью резания выражением:

$$n_{фр} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_e}.$$

Таким образом, частота вращения стола:

$$n_{ст} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_e \cdot z},$$

и следовательно

$$t_0 = \frac{k \cdot B}{S} \cdot \frac{\pi \cdot D_e \cdot z}{1000 \cdot v}.$$

Тогда затраты на режущий инструмент могут быть представлены в виде следующей зависимости:

$$\begin{aligned} Z_{р/н} &= \frac{k \cdot B}{S} \cdot \frac{\pi \cdot D_e \cdot z}{1000 \cdot v} \cdot \frac{C_{р/н}}{T}, \\ Z_{р/н} &= \frac{k \cdot B}{S} \cdot \frac{\pi \cdot D_e \cdot z}{1000 \cdot v} \cdot \frac{C_{р/н}}{C \cdot v^{\alpha} \cdot S^{\beta}}, \\ Z_{р/н} &= k \cdot B \cdot \frac{\pi \cdot D_e \cdot z}{1000} \cdot \frac{C_{р/н}}{C \cdot v^{\alpha+1} \cdot S^{\beta+1}}. \end{aligned}$$

Величина затрат на заработную плату рабочего может быть описана следующей зависимостью:

$$Z_{з/п} = t_0 \cdot C_{рв},$$

где t_0 – основное время на обработку одной заготовки, мин; $C_{рв}$ – стоимость рабочего времени, руб/мин.

Таким образом, величина затрат на заработную:

$$Z_{з/п} = \frac{k \cdot B}{S} \cdot \frac{\pi \cdot D_e \cdot z}{1000 \cdot v} \cdot C_{рв}.$$

При расчёте затрат на электроэнергию полагаем, что электродвигатель станка развивает полную мощность. Таким образом, затраты могут быть представлены в виде следующей зависимости:

$$Z_{э/э} = P \cdot \frac{t_0}{60} \cdot C_{э/э},$$

где P – мощность электродвигателя, кВт; t_0 – основное время на обработку одной заготовки, мин; $C_{э/э}$ – тариф на электроэнергию, руб/(кВт·ч).

Таким образом, величина затрат на электроэнергию может быть найдена в виде:

$$Z_{э/э} = P \cdot \frac{k \cdot B}{S} \cdot \frac{\pi \cdot D_e \cdot z}{1000 \cdot v} \cdot \frac{C_{э/э}}{60}.$$

Таким образом, найдём зависимость себестоимости обработки одной детали от скорости резания и подачи на оборот стола:

$$C_{\text{сб}} = k \cdot V \cdot \frac{\pi \cdot D_{\text{с}} \cdot z}{1000} \cdot \frac{C_{\text{р/н}}}{C \cdot v^{\alpha+1} \cdot S^{\beta+1}} + \frac{k \cdot V}{S} \cdot \frac{\pi \cdot D_{\text{с}} \cdot z}{1000 \cdot v} \cdot C_{\text{рв}} + P \cdot \frac{k \cdot V}{S} \cdot \frac{\pi \cdot D_{\text{с}} \cdot z}{1000 \cdot v} \cdot \frac{C_{\text{э/э}}}{60},$$

$$C_{\text{сб}} = k \cdot V \cdot \frac{\pi \cdot D_{\text{с}} \cdot z}{1000} \cdot \left(\frac{C_{\text{р/н}}}{C \cdot v^{\alpha+1} \cdot S^{\beta+1}} + \frac{1}{v \cdot S} \cdot C_{\text{рв}} + P \cdot \frac{1}{v \cdot S} \cdot \frac{C_{\text{э/э}}}{60} \right),$$

$$C_{\text{сб}} = k \cdot V \cdot \frac{\pi \cdot D_{\text{с}} \cdot z}{1000} \cdot \left(\frac{C_{\text{р/н}}}{C} \cdot v^{-\alpha-1} \cdot S^{-\beta-1} + v^{-1} \cdot S^{-1} \cdot (C_{\text{рв}} + P \cdot \frac{C_{\text{э/э}}}{60}) \right).$$

Как видно из полученного выражения, себестоимость операции является функцией двух переменных: v и S . Вопрос о назначении экономически выгодных режимов резания сводится к определению минимума этой функции, то есть к решению задачи оптимизации. Функция себестоимости является целевой функцией. Критерий оптимизации: $\min C$; аргументы: v и S . В качестве ограничений необходимо учесть следующие факторы: скорость резания и подача на оборот стола должны не выходить за пределы технологических возможностей станка.

На рисунке 1 представлены графики, иллюстрирующие зависимость зубофрезерной операции от режимов резания. Они получены при следующих значениях параметров: $k=1$; $V=30$ мм; $D_{\text{с}}=90$ мм; $z=40$; $C_{\text{р/н}}=3000$ руб; $C_{\text{рв}}=3$ руб/мин; $C_{\text{э/э}}=5$ руб/кВт·ч; $P=6$ кВт; $C=15520693$; $\alpha=-2,5456$; $\beta=-0,9574$.

Очевидно, что в зависимости от подачи на оборот стола целевая функция с ростом аргумента монотонно убывает и экстремума не имеет, а в зависимости от скорости – имеет минимум.

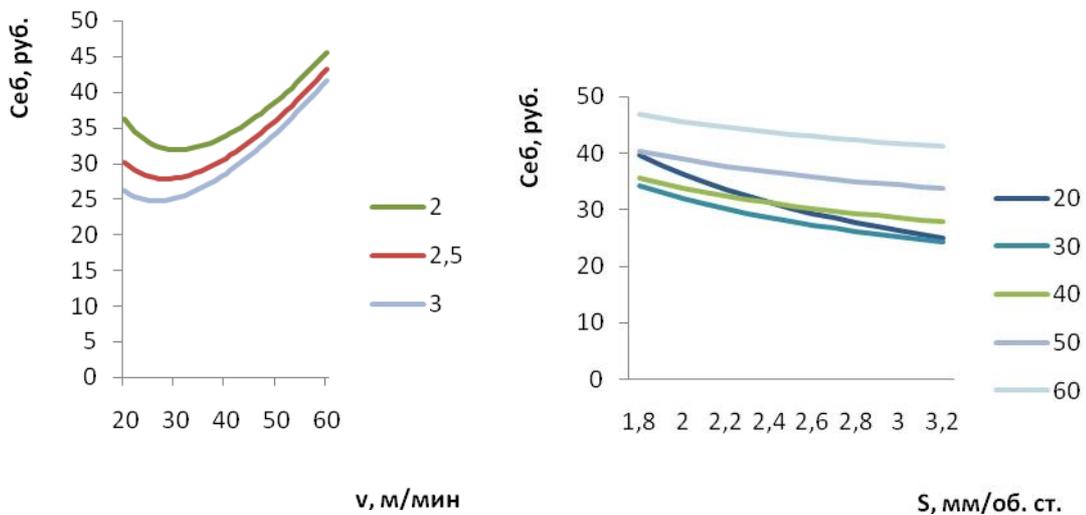


Рисунок 1 – Зависимость себестоимости зубофрезерной операции от скорости резания при значениях подачи на оборот стола 2; 2,5 и 3 мм/об. ст. Зависимость себестоимости зубофрезерной операции от подачи на оборот стола при значениях скорости резания 20; 30; 40; 50; 60 м/мин

Введём следующие обозначения:

$$A = k \cdot V \cdot \frac{\pi \cdot D_{\text{с}} \cdot z}{1000}; \quad D = \frac{C_{\text{р/н}}}{C}; \quad E = C_{\text{рв}} + P \cdot \frac{C_{\text{э/э}}}{60}.$$

Тогда функция, описывающая себестоимость примет вид

$$C_{\text{сб}} = A \cdot (D \cdot v^{-\alpha-1} \cdot S^{-\beta-1} + E \cdot v^{-1} \cdot S^{-1}).$$

Возьмём частную производную $\frac{\partial C_{\text{сб}}}{\partial v}$:

$$\frac{\partial C_{\text{сб}}}{\partial v} = A \cdot (D \cdot (-\alpha - 1) \cdot v^{-\alpha-2} \cdot S^{-\beta-1} - E \cdot v^{-2} \cdot S^{-1});$$

$$\frac{\partial C_{\Sigma\beta}}{\partial v} = -A \cdot v^{-2} \cdot S^{-1} \cdot (D \cdot (\alpha + 1) \cdot v^{-\alpha} \cdot S^{-\beta} + E).$$

Приравняем найденную производную к нулю, чтобы найти минимум целевой функции:

$$-A \cdot v^{-2} \cdot S^{-1} \cdot (D \cdot (\alpha + 1) \cdot v^{-\alpha} \cdot S^{-\beta} + E) = 0.$$

Корни $v=0$ и $S=0$ не рассматриваем, следовательно, уравнение сводится к следующему виду:

$$D \cdot (\alpha + 1) \cdot v^{-\alpha} \cdot S^{-\beta} + E = 0;$$

$$v^{-\alpha} = \frac{-E \cdot S^{\beta}}{D \cdot (\alpha + 1)},$$

$$v = \left(\frac{-E \cdot S^{\beta}}{D \cdot (\alpha + 1)} \right)^{-\frac{1}{\alpha}},$$

или, с учётом обратных подстановок

$$v = \left(\frac{-C \cdot (C_{\Sigma\beta} + P \cdot \frac{C_{\Sigma\beta}}{S^{\beta}}) \cdot S^{\beta}}{C_{\Sigma\beta} \cdot (\alpha + 1)} \right)^{-\frac{1}{\alpha}}.$$

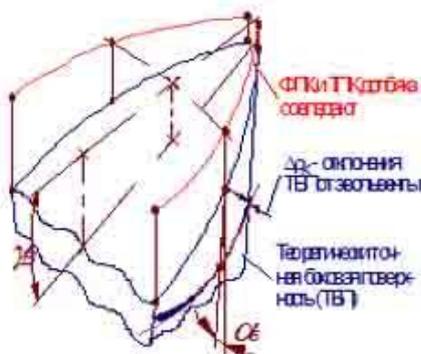
Таким образом, при выборе режимов без учёта ограничивающих факторов подача должна назначаться максимально возможной, а скорость резания – определяться из полученного выражения.

ТЕОРЕТИЧЕСКИ ТОЧНАЯ БОКОВАЯ ПОВЕРХНОСТЬ ЗУБА ДОЛБЯКА И ПРОИЗВОДЯЩАЯ ПОВЕРХНОСТЬ ДЛЯ ЕЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

В.А. Спицин, АлтГТУ Барнаул.

Изготовление точных зуборезных долбяков весьма сложный и трудоемкий технологический процесс так как необходимо постоянно повышать точность профиля зубьев долбяка, то есть создавать профиль зуба максимально близкого к теоретическому.

Под теоретически точной понимается такая поверхность боковой стороны зуба долбяка, которая обеспечивает при заданных боковых углах заточки совпадение фактического и теоретически точного производящих контуров на всех переточках (рис. 1).



Такая поверхность при пересечении с конической передней поверхностью долбяка с заданным передним углом при вершине зуба \square_B образует теоретически точную режущую кромку. Теоретически точные режущие грани описывают в процессе зубодолбления эвольвентные поверхности зубьев сопряженного с деталью воображаемого производящего колеса (ВПК) без систематических отклонений, что обеспечивает правильное формообразование зубьев детали.

Рис 1. Модификации боковой стороны зуба, отклонение $\square_B \square_K$

Уравнение теоретически точной режущей кромки составлено как уравнение линии пересечения эвольвентной поверхности зуба ВПК с конической передней поверхностью, а теоретически точная боковая поверхность зуба долбяка получена ее винтовым движением. Параметр винтового движения может быть произвольным и выбирается с таким расчетом, чтобы получить в процессе зубодолбления желаемые боковые задние углы заточки.

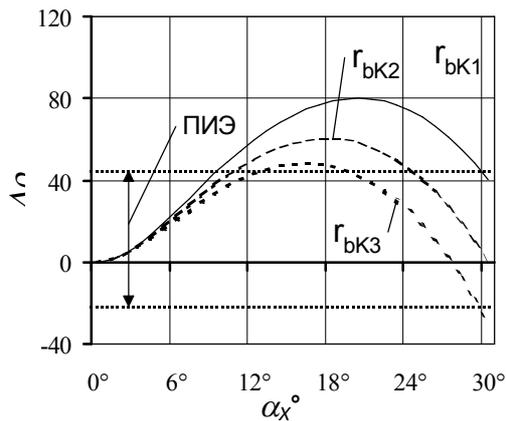


Рис. 2. Отклонение $\Delta\rho_K$

построенную для долбяка с параметрами $m = 5$ мм; $z = 25$; $\alpha_T = 20^\circ$; $\alpha_B = 25^\circ$; $\alpha_B = 15^\circ$, где α_T – угол профиля ГПК,

По результатам анализа были сделаны два важных вывода:

1. Контроль профиля теоретически точной боковой поверхности можно проводить на эвольвентомере по любому сечению зуба. При этом основной радиус контрольной эвольвенты r_{bk} можно подобрать таким, что все отклонения $\Delta\rho_K$ будут находиться в пределах измерения эвольвентомера (ПИЭ), рис. 2.

2. Наибольшая величина отклонений профиля теоретически точной боковой поверхности в пределах рабочего участка зуба долбяка не превышает припуск на операцию окончательной шлифовки профиля, что позволяет модифицировать долбяки, изготовленные по обычной технологии, внося изменение только в операцию шлифования профиля.

С учетом полученных выводов предложена кинематическая схема работы

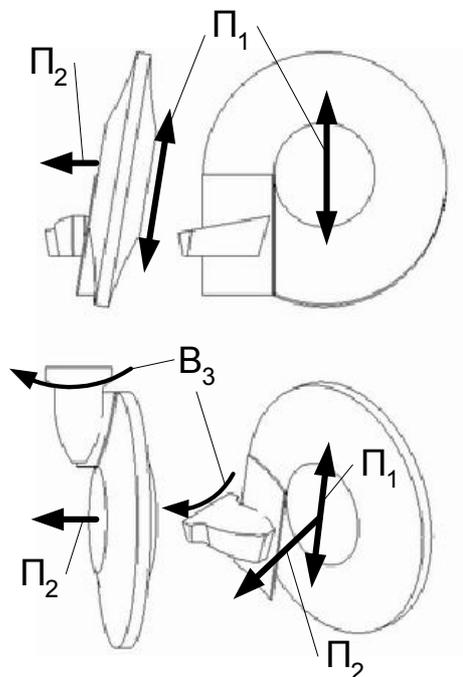


Рис. 3. Кинематическая схема

На основе уравнения теоретически точной режущей кромки получены зависимости для расчета отклонений $\Delta\rho_K$ (рис. 1, 2) профиля теоретически точной боковой поверхности зуба от контрольной эвольвенты произвольного основного радиуса r_{bk} .

Анализ полученных выражений показал, что у долбяков с теоретически точной боковой поверхностью зуба профиль теоретически точной боковой стороны зуба имеет одинаковые отклонения от эвольвенты в любом сечении плоскостью, перпендикулярной оси вращения долбяка. Форма кривой отклонений ТБП от контрольной эвольвенты зависит от основного радиуса r_{bk} последней (см. диаграмму рис. 2,

предложенную для долбяка с параметрами $m = 5$ мм; $z = 25$; $\alpha_T = 20^\circ$; $\alpha_B = 25^\circ$; $\alpha_B = 15^\circ$, где α_T – угол профиля ГПК,

с учетом полученных выводов предложена кинематическая схема работы шлифовального круга при обработке зуба долбяка. Теоретически точную боковую поверхность можно получить профильным шлифовальным кругом, совершающим относительно зуба долбяка следующие движения (рис. 3): поступательное движение Π_1 , совершаемое шлифовальным кругом вдоль образующих прямых линий, воспроизводит производящую поверхность на величину, необходимую для обработки зуба долбяка по всей длине. Поступательное перемещение шлифовального круга Π_2 и связанный с ним поворот долбяка B_3 являются движениями формообразования теоретически точной боковой поверхности. При этом обработка возможна только односторонним способом, при котором противоположные стороны зуба шлифуются с переустановкой как левосторонние и правосторонние зубья цилиндрического косозубого колеса.

Фрезерование отверстий на станках с ЧПУ

Леонов С.Л. – д.т.н., профессор
Белов А.Б. – аспирант,

Белов Е.Б. – аспирант,
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

На современном этапе развития конструкции станков с ЧПУ, режущего инструмента, применения новых износостойких покрытий и методов обработки открываются новые возможности, позволяющие наиболее полно и эффективно использовать металлорежущий инструмент при изготовлении различных изделий.

При обработке деталей на станках с ЧПУ требуется изготовление отверстий различного диаметра, основным способом получения которых является сверление и растачивание. Данные виды обработки требуют широкой номенклатуры режущего и вспомогательного инструмента, так как каждое сверло рассчитано на изготовление отверстий определенного диаметра.

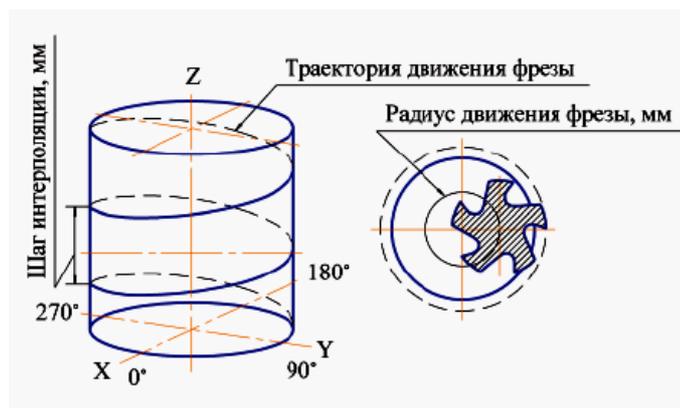


Рис. 1. Формирование обрабатываемого отверстия методом винтовой интерполяции

Альтернативой сверлению и растачиванию при обработке неглубоких отверстий является метод фрезерования с винтовой интерполяцией (рис.1), где формирование отверстия происходит за счет совмещения осевого перемещения инструмента со спиральным движением его оси.

Данный способ является более универсальным, позволяет производить обработку отверстий различного диаметра, ступенчатых отверстий и, в зависимости от требований чертежа, может заменить операцию растачивания. Все вышеперечисленное в свою очередь ведет к уменьшению номенклатуры используемого инструмента и сокращению общего времени обработки детали.

С другой стороны, фрезерование отверстий должно обеспечивать заданную шероховатость и волнистость обработанной поверхности. Задача формирования требуемого микрорельефа особенно важна для операций, завершающих обработку поверхности.

Теоретический микропрофиль поверхности, обработанной концевыми фрезами, представляет собой волнообразную поверхность, что обусловлено кинематикой процесса фрезерования (рис. 2) [1].

Необходимость оценки качества обработанной поверхности, а следовательно и управления параметрами качества, является весьма актуальной задачей, т.к. 70...75 % фрезерования на станках с ЧПУ приходится на долю деталей с криволинейными поверхностями [3]. Переменная кривизна различных участков детали приводит к тому, что качество поверхности по длине обработки не стабильно, что в свою очередь, ухудшает эксплуатационные характеристики детали.

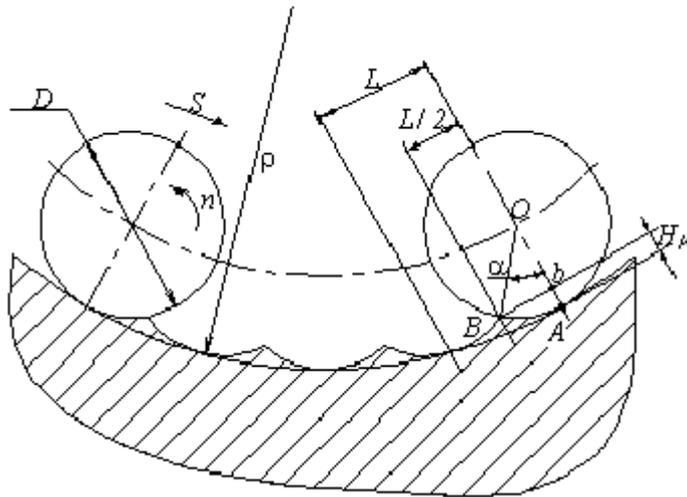


Рис. 2. Схема формирования волнистости при обработке криволинейного контура концевой фрезой для попутного фрезерования вогнутого контура.

В общем виде формула для определения высоты волнистости при обработке криволинейного участка детали цилиндрическим фрезерованием будет иметь вид:

$$H_k = \frac{D}{2} \left[1 - \cos \frac{\pi \cdot S}{Z \cdot (\pi D n \pm S) \cdot (1 \pm D/2\rho)} \right] \quad (1)$$

В выражении $(\pi n D \pm S)$ знак "+" соответствует попутному фрезерованию, по аналогии с обработкой прямолинейного участка контура, знак "-" встречному; в выражении $(1 \pm D/2\rho)$ знак "+" соответствует выпуклому, а знак "-" вогнутому участку контура.

Параметры волнистости рассчитанные по формуле (1) описывают только кинематические составляющие обработки, не учитывая динамические явления при резании: колебания силы резания и упругих отжатий инструмента, форму режущих зубьев и т.п. Обработка отверстий обычно ведется нежестким инструментом. Низкая жесткость приводит не только к упругим отжатиям в технологической системе, но и к колебаниям на собственной частоте инструмента с оправкой.

При учете вибраций инструмента, которые приводят к появлению волнистости обработанной поверхности, задача расчета волнистости сводится к расчету огибающей [4], [5]. Даже при гармоническом законе колебаний центра инструмента, профиль обработанной поверхности (огибающая) может существенно отличаться от гармонического.

Координаты центра инструмента определяются выражениями:

$$\begin{aligned} x_B &= (R - r + A \sin q\varphi) \cos \varphi \\ y_B &= (R - r + A \sin q\varphi) \sin \varphi \end{aligned} \quad (2)$$

Для получения координат огибающей профиля, которая определяет волнистость поверхности детали, используются выражения [5]:

$$y = y_B \pm \frac{r \dot{x}_B}{\sqrt{\dot{x}_B^2 + \dot{y}_B^2}}; \quad x = x_B \pm \frac{r \dot{y}_B}{\sqrt{\dot{x}_B^2 + \dot{y}_B^2}} \quad (3)$$

Производные \dot{x}_B, \dot{y}_B , необходимые для расчета огибающей, рассчитываются аналитическим дифференцированием выражений (2). На рис.5 приведен профиль огибающей для 36-й гармоники ($q = 36$). График получен для радиуса детали $R = 40$ мм, радиуса инструмента $r = 10$ мм и амплитуды колебаний $A = 0,2$ мм.

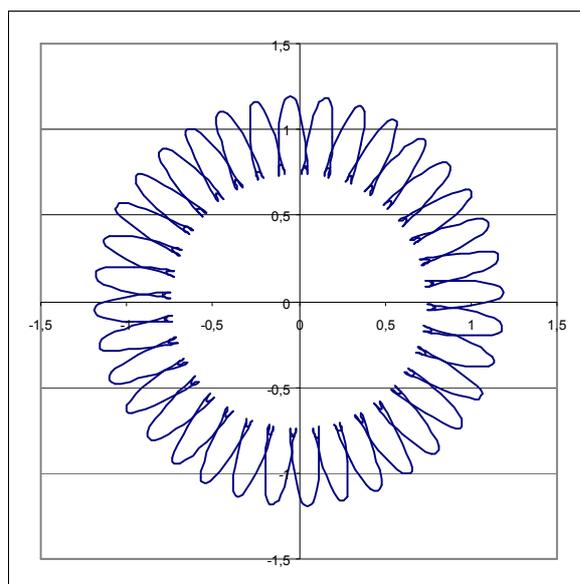


Рис.5. Профиль обработанной поверхности по формулам (3), (4).

На графике хорошо видны петлеобразные ветви, которые являются мнимыми положениями на огибающей. Этот эффект назван В.А Прилуцким явлением самоперерезания волн [5] и обеспечивает снижение волнистости детали. Образование петель характерно для высокочастотных колебаний при их значительной амплитуде. Для получения реального профиля детали от кривой (рис.5) необходимо "отрезать" петли, полученные расчетным путем, что само по себе является непростой вычислительной задачей.

Таким образом, недостатками приведенного аналитического подхода являются:

1. Трудоемкость расчета огибающей для сложных траекторий движения центра инструмента. Это связано с необходимостью получения производных \dot{x}_B, \dot{y}_B . В некоторых случаях аналитическое выражение этих производных получить вообще невозможно и для их расчета требуется применение численных методов.

2. Невозможность аналитического получения производных \dot{x}_B, \dot{y}_B для сложных негармонических форм колебаний.

3. Сложность анализа профиля и параметров волнистости детали, связанная с наличием мнимых петель на огибающей.

Для устранения этих отрицательных факторов нами разрабатывается имитационный алгоритм формирования профиля обработанной поверхности.

Литература

1. Армарега И.Дж., Браун Р.Х. Обработка металлов резанием. - М.: Машиностроение, 1979.
2. Бобров В.Д. Основы теории резания металлов. - М.: Машиностроение, 1975.
3. Константинов М.Т. Расчет программ фрезерования на станках с ЧПУ. - М.: Машиностроение, 1985.
4. Прилуцкий В.А. Технологические методы снижения волнистости поверхностей. - М.: Машиностроение, 1978. -136 с.
5. Прилуцкий В.А. Технологическое обеспечение точности поверхностей деталей соединений. (Методы уменьшения периодической погрешности обработки). - Самара: Самар. гос. ун-т, 1998. -132 с.

СТОХАСТИЧЕСКОЕ ИММИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ТОРЦОВЫМИ ФРЕЗАМИ.

Черданцев А.О. - аспирант, Хоменко В.А. д.т.н., профессор

Одним из важнейших показателей качества поверхности детали является шероховатость. Она определяет контактную жесткость, триботехнические характеристики, коррозионную стойкость, усталостную прочность при изгибных деформациях и другие параметры при взаимодействии деталей. Обеспечение заданной шероховатости играет первостепенную роль при подготовке поверхностей под напыление покрытий [1].

При технологической подготовке большой интерес представляет вопрос о получении годной продукции с заданной вероятностью. Используемые при проектировании эмпирические и теоретические модели, описывающие процесс торцевого фрезерования, имеют множество существенных недостатков. Они позволяют прогнозировать шероховатость только для какого-то определённого участка поверхности, обработанного фрезой определённой конструкции, к тому же зачастую эти зависимости справедливы только для определённого обрабатываемого материала. Таким образом, диапазон их применимости узок. Возникает необходимость разработки модели позволяющей прогнозировать геометрические параметры качества обрабатываемой поверхности на любом участке, для произвольных материалов, в широком диапазоне изменения режимов резания для инструмента любой конструкции.

Для решения поставленной задачи нами разработана стохастическая имитационная модель. Если процесс фрезерования перед его началом описать набором параметров в виде плотностей распределения входных величин, а сам процесс фрезерования будет носить детерминированный характер, то параметры шероховатости после фрезерования будут иметь некоторую плотность распределения, зависящую как от детерминирующих, так и от стохастических параметров. Для конкретного случая обработки детерминирующими факторами являются заданные режимы резания, конструктивные и геометрические параметры используемого инструмента и механические свойства обрабатываемого материала. К стохастическим можно отнести погрешности базирования элементов инструмента, отклонения размеров режущих пластин в пределах допуска, и другие факторы имеющие вероятностный характер.



Рисунок 1 – Стохастическая модель

При наличии детерминированной модели и плотностей распределения входных параметров, становится возможным создание стохастической имитационной модели

(рисунок 1) позволяющей оценивать вероятность получения годных деталей по плотностям распределения выходных параметров.

Из литературных источников [2] известно, что шероховатость поверхности обуславливается геометрическими параметрами инструмента, кинематикой его движения, возникающими вибрациями, упругими и пластическими деформациями в зоне резания, а также микрогеометрией режущих кромок инструмента.

При правильном подходе к выбору режимов резания и оборудования влияние вибрации на общую картину шероховатости значительно сокращается. Также современные тенденции приводят к применению высокоскоростной обработки [3], которая в свою очередь подразумевает сведение вибраций к минимальным значениям. В таких условиях подавляющее влияние на форму микронеровностей оказывает кинематико-геометрическое копирование профиля режущих кромок инструмента. С другой стороны при наличии зачищающих режущих кромок, параллельных обрабатываемой поверхности, формировалась бы идеальная плоскость, но под влиянием вибраций этого не происходит. Вибрации возникают из-за наличия переменных сил в зонах резания. Величина сил резания обусловлена свойствами обрабатываемого материала и условиями резания.

В соответствии с изложенным выше, центральное место занимает детерминированная модель процесса торцевого фрезерования, позволяющая прогнозировать параметры шероховатости поверхности на любом участке с учетом особенностей конструкции применяемого инструмента, влияния вибраций, свойств обрабатываемого материала и при широких диапазонах варьирования режимов резания. Модель имеет структуру изображенную на рисунке 2.

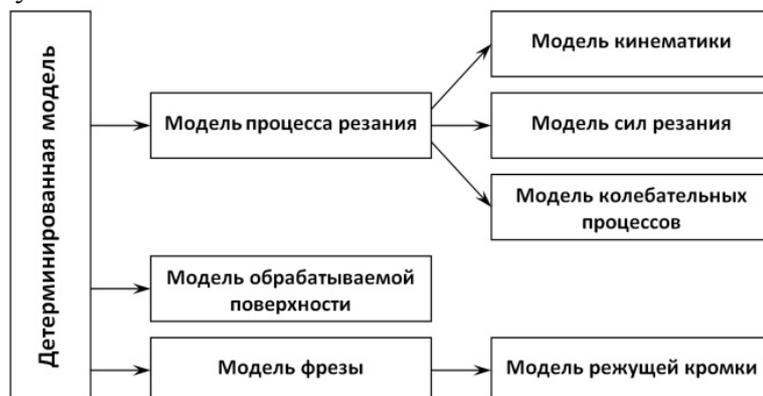


Рисунок 2 – Детерминированная модель

Детерминированная модель является имитационной, то есть развивается во временном интервале от начала фрезерования до завершения аналогично реальному процессу. Весь временной интервал поделен на достаточно маленькие промежутки времени. Также из достаточно мелких элементов состоят режущие кромки инструмента и обрабатываемая поверхность. Конкретные значения обусловлены требуемой точностью расчета.

Предлагаемая стохастическая модель дает возможность производить расчет плотностей распределения выходных параметров качества поверхности. Дальнейшая работа в этом направлении заключается в детальной разработке подмоделей входящих в общую структуру модели.

Литература:

1. Леонов С.Л., Татаркин Е.Ю. Конструирование моделей для расчета шероховатости и топографии обработанных поверхностей, «Ползуновский вестник» № 1-2 20
2. Суслов А.Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного деталей. Москва «Машиностроение» 1987г 208с.

3. Высокопроизводительная обработка металлов резанием М.: Издательство «Полиграфия», 2003. – 301с.

АНАЛИЗ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Плетнёва Е.М., Маркова М.И. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Разработчики современных компьютерных систем утверждают, что внедрение комплекса программных продуктов CAD/CAM/CAE/PDM-систем позволяет полностью автоматизировать конструкторско-технологическую подготовку производства, помогает быстро реагировать на изменение спроса, в короткие сроки впускать новые виды продукции, быстро модернизировать выпускаемую продукцию, отслеживать жизненный цикл изделий, эффективно повышать качество изделий [1].

Действительно, в области CAD-систем разработчики достигли значительных успехов и сейчас их функциональные возможности не ограничиваются набором задач по образу и подобию кульмана. Современные CAD-системы, такие как FLEX-CAD, SPRUT-CAD и др., имеют примерно одинаковые возможности и позволяют не только подготовить чертежи деталей, оформить их в соответствии с требованиями ЕСКД и построить их трехмерные модели, но и решают широкий ряд задач параметризации и оптимизации чертежей и моделей деталей [1]:

- перерасчет параметров чертежей однотипных деталей и сборок;
- отбор из таблиц стандартных элементов и баз данных с назначением необходимых по чертежу детали параметров;
- оптимизация геометрии по требуемым параметрам;
- создание собственных параметрических элементов библиотек и другое.

Кроме того, CAD-системы позволяют подготовить параметрические сборочные чертежи, подготовить спецификации и другие конструкторские документы, провести математические расчеты, имитацию движения конструкции, анализ прочности на основе метода конечных элементов. Все операции выполняются в динамическом режиме, изменение одного параметра или размера автоматически ведет к пересчету всей модели.

Что же касается технологической подготовки производства, то САМ-системы дают возможность задать тип и параметры обработки детали, выбрать соответствующий инструмент, в автоматическом режиме получить управляющую программу (УП) для станка с ЧПУ, а также проверить ее правильность с помощью имитатора обработки. Возможность режима имитации обработки детали позволяет контролировать перемещение инструмента в ходе выполнения УП и устранить все ошибки и недочеты. Тем самым, увеличивается точность обработки и сокращается время на подготовку УП. Кроме того, на основе параметрических моделей можно незамедлительно получать УП для ряда однотипных деталей. Фактически, все функциональные возможности САМ-систем сводятся к поиску и обработке необходимой информации в справочниках и классификаторах, которые заменяют справочную литературу.

Для технолога важно составить техпроцесс таким образом, чтобы сократить время обработки детали и увеличить производительность, что очень актуально для предприятий в условиях современной конкурентной борьбы. Для этого технолог вынужден просчитать далеко не один вариант обработки детали, подобрать наиболее подходящие параметры инструмента и режимы резания. Для сложных техпроцессов количество вариантов возрастает в несколько десятков раз. Фактически, данная задача является классической задачей оптимизации с несколькими параметрами, которая не реализована ни в одной из САМ-систем.

Например, для операции фрезерования поверхности концевой фрезой на станке с ЧПУ необходимо: выбрать инструмент (диаметр фрезы, материал режущей части, число зубьев) и

число стадий обработки (черновая и получистовая); назначить глубину резанья и подачу на зуб; рассчитать скорость и мощность резанья.

Диаметр фрезы определяют для каждого участка детали исходя из его конфигурации, окончательно принимают наименьший из выбранных диаметров. Если конфигурация не накладывает ограничения на диаметр фрезы, то выбирают фрезу максимально возможного диаметра [2].

Выбор числа стадий обработки принимают исходя из отношения минимального и максимального припуска к диаметру фрезы и показателя числа стадий обработки. Показатель числа стадий обработки равен допуску выполняемого размера умноженному на составляющие показателя числа стадий обработки в зависимости от твердости обрабатываемого материала, отношения вылета фрезы к ее диаметру, отношения ширины фрезерования к диаметру фрезы.

Выбор глубины резанья зависит от припуска на обработку. Обработка на черновой стадии может производиться за один, два или три рабочих хода, на получистовой стадии – за один рабочий ход.

Подачу на зуб выбирают исходя из обрабатываемого материала, диаметра и числа зубьев фрезы, ширины и глубины фрезерования, а затем корректируют с учетом поправочных коэффициентов: коэффициента твердости обрабатываемого материала, коэффициента материала режущей части фрезы, коэффициент отношения фактического числа зубьев к нормативному и коэффициента отношения вылета фрезы к ее диаметру. Полученное значение подачи на зуб для последнего рабочего хода сравнивают с допустимым значением подачи при заданной шероховатости обрабатываемой поверхности. Окончательно выбирают меньшее значение подачи.

Скорость и мощность резанья назначают в зависимости от обрабатываемого материала, диаметра и числа зубьев фрезы, ширины и глубины фрезерования, а также выбранного значения подачи. Полученные табличные значения умножают на поправочные коэффициенты в зависимости от группы обрабатываемого материала, твердости обрабатываемого материала, материала режущей части фрезы, периода стойкости инструмента, отношения фактической ширины фрезерования к нормативной, состояния поверхности заготовки, наличия охлаждения. По рассчитанному значению скорости резанья определяют частоту вращения шпинделя и по паспорту станка принимают ближайшее значение. С учетом этого значения пересчитывают фактическую скорость резанья и фактическую мощность резанья.

Решить данную задачу оптимизации - значит подобрать значение всех параметров, таким образом, чтобы значение основного технологического времени было минимальным.

Одним из возможных вариантов реализации решения задачи является доработка одной из САМ-систем:

1. разработка и подключение таблиц и баз данных для автоматического выбора справочных коэффициентов;
2. разработка и реализация алгоритма выбора режущего инструмента, в зависимости от конфигурации детали;
3. расчет параметров резанья с учетом минимизации основного технологического времени.

Все это позволит технологу не только быстро получать УП для обработки детали с учетом технологических требований, предъявляемых к ее поверхности, но и составить техпроцесс, таким образом, чтобы сократить время обработки детали, а как следствие, увеличить производительность.

Список используемых источников:

1. www.tflex.ru
2. Режимы резанья для токарных и сверлильно-фрейзерно-расточных станков с числовым программным управлением: Справочник. 2-е изд./ Под ред. В.И. Гузеева. М.: Машиностроение, 2007. 368с.