

Министерство образования и науки Российской Федерации

Алтайский государственный технический
университет им. И.И.Ползунова



НАУКА И МОЛОДЕЖЬ

3-я Всероссийская научно-техническая конференция
студентов, аспирантов и молодых ученых

СЕКЦИЯ

**ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
ПРОИЗВОДСТВ**

ПОДСЕКЦИЯ

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Барнаул – 2006

ББК 784.584(2 Рос 537)638.1

3-я Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Наука и молодежь". Секция «Технологии и оборудование автоматизированных производств». Подсекция «Технология машиностроения». / Алт.гос.техн.ун-т им. И.И.Ползунова. – Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2006. – 47 с.

В сборнике представлены работы научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, проходившей в апреле 2006 г.

Организационный комитет конференции:

Максименко А.А., проректор по НИР – председатель, Марков А.М., зам. проректора по НИР – зам. председателя, Арзамарсова А.А. инженер Центра НИРС и молодых учёных – секретарь оргкомитета, Татаркин Е.Ю., заведующий кафедрой «Общая технология машиностроения» АлтГТУ – руководитель секции, Балашов А.В. – редактор.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИНТЕЗ КОНСТРУКЦИЙ РАСТОЧНОГО ИНСТРУМЕНТА

Антропов Е.П. – студент гр. ТМ-14

Дятчин Н.И. – к.т.н., доцент

Актуальность исследований. Одной из ответственных операций технологии изготовления корпусных деталей является обработка главных отверстий, т.е. отверстий под подшипники, валы, и т.д. При этом на долю растачивания приходится до 70% общей трудоемкости. Данные операции характеризуется высокими скоростями резания (50–1000 м/мин и более), малыми подачами (0,01–0,15 мм/об) и глубинами резания (0,05–0,3 мм) и требуют обеспечения виброустойчивости технологической системы. Вследствие малых сечений стружки силы резания и нагрев детали во время обработки незначительны, что исключает образование большого деформированного поверхностного слоя. Точность получаемых размеров 5–9 квалитеты, величина шероховатости поверхности $Ra = 0,63–0,063$ мкм. В качестве инструмента при растачивании применяют оправки и борштанги с режущей частью из твердого сплава, композиционных материалов, алмаза, СТМ (гексанида, эльбора), минералокерамики и керметов.

Расточные операции (черновые, получистовые и чистовые) могут выполняться на универсальных и специальных станках, в том числе и на станках с ЧПУ. Для каждого случая обработки характерны свои специфические особенности и свой инструмент. Например, для высокопроизводительной обработки требуется большое число режущих элементов, для черновой обработки необходима предварительная настройка этих элементов, а для чистовой – точная настройка и поддержание стабильного размера при резании. Обработка на специальных станках требует быстрого отвода (отскока) режущего элемента сразу после обработки либо наличия на детали канавки для выхода режущего инструмента, а при высокоскоростной обработке должны быть обеспечены высокая жесткость и виброустойчивость инструмента.

Многообразие видов расточного инструмента (борштанги, оправки и т.д.) механизмов и способов их настройки, а так же возможность применения различных марок материалов режущей части осложняет задачу выбора конструкции расточного инструмента и требует разработки автоматизированной системы проектирования.

Методика построения автоматизированной базы данных. Наиболее компактной формой хранения информации об известных технических решениях с возможностью синтеза новых является И-ИЛИ-граф [1]. Сущность метода синтеза решений на И-ИЛИ-графе заключается в том, что информацию об известных технических решениях (прототипах) представляют в виде «связанного древовидного графа», не содержащего циклов и петель. Вершинами такого графа являются функциональные элементы технической системы и их признаки, корневая вершина соответствует наименованию всего класса технических объектов. Дуги (ребра) показывают иерархическую соподчиненность между элементами и их признаками, а также принадлежность признаков элементам.

Построение И-ИЛИ-графа конструкций расточного инструмента последовательно осуществляется в пять этапов.

На первом этапе создается информационный массив. Его источниками являются государственные и отраслевые стандарты, каталоги на металлорежущий инструмент, описания отечественных и зарубежных патентов и авторских свидетельств на изобретения.

На втором этапе проводится функциональный анализ каждой из конструкций расточного инструмента, составляющих исходное множество. С целью выявления альтернативных вариантов реализации функций инструмента заполняются таблицы «Элемент – функции элемента», на основе которых строятся конструктивно-функциональные структуры.

Третий этап разработки И-ИЛИ-графа связан с построением И-деревьев для каждого из технических решений, входящих в исходное множество. Для этого их конструктивно-функциональные структуры дополняются признаками, характеризующими функциональные элементы: взаимное расположение элементов в пространстве, характер взаимосвязи,

геометрическая форма, материал, соотношения параметров, особенности конструктивного исполнения.

На четвертом этапе среди построенных И-деревьев выявляются технические решения с инвариантными функциями, которые объединяют в группы. В каждой образованной группе объектов И-деревья содержат некоторое множество одинаковых вершин. Объединение осуществляется от корня графа к вершинам, от наиболее общих структурных элементов к более частным. Особенность построенного таким образом И-ИЛИ-дерева заключается в том, что уже на данном этапе в нем содержатся такие конструкции инструмента, которые при разработке дерева не учитывались. Синтез новых технологических решений возможен в результате комбинирования элементов и признаков исходного множества.

На пятом этапе все И-ИЛИ-деревья групп объединяются в общее И-ИЛИ-дерево всего класса расточного инструмента. Для этого используются те же принципы, что и на предыдущем этапе. Дерево, полученное в результате совмещения общих элементов и признаков расточного инструмента, называется деревом прошлого опыта.

Структура общего И-ИЛИ-дерева конструкций расточного инструмента, полученного расширением дерева прошлого опыта, не является закрытой. Она предполагает свое дальнейшее дополнение. Такое дополнение проводится на основе изучения самых последних патентов и авторских свидетельств, выданных на способы растачивания поверхностей и на функционально близкие технические объекты. Кроме того, возможно комбинирование ветвей дерева и элементов между собой.

Проведя анализ патентного фонда, государственных и отраслевых стандартов, каталогов металлорежущего инструмента и авторских свидетельств на изобретения и основываясь на описанной выше методике было построено И-ИЛИ-дерево для синтеза конструкций расточного инструмента.

Первый уровень декомпозиции содержит И – вершины: «Способ крепления на шпинделе», «Хвостовик», «Консольная часть», «Резцы», «Способ крепления резца», «Направляющие элементы», «Механизм настройки и регулирования». Всего И-ИЛИ-дерево содержит более 200 вершин.

Количество решений M , которое может быть синтезировано на основе разработанного И-ИЛИ-дерева, рассчитывается по формуле:

$$M = \prod_{i=1}^n m_i,$$

где m_i – количество потомков i -той ИЛИ-вершины; n – общее количество ИЛИ-вершин, имеющих в И-ИЛИ-графе.

В разработанном общем И-ИЛИ дереве содержится $3,5 \cdot 10^6$ решений. Полученные решения будут отличаться друг от друга, по крайней мере, хотя бы одним элементом или признаком и представляют собой перечисление вершин общего И-ИЛИ-дерева, удовлетворяющих требованиям технического задания. Дальнейший этап работы связан с формированием модели оценки технологических решений и их проверку на патентную чистоту.

Анализ синтезированных конструкций и формирование модели оценки технологических решений. Основная функция любого из элементов технологической системы является результатом "суммирования" функций составляющих ее элементов.

Описание взаимосвязи между элементами и признаками данного класса технологических решений и соответствующими им требованиями полного списка называется моделью оценки. В рассматриваемой методике в качестве модели принята матрица соответствий, строками которой являются наименования висячих вершин общего И-ИЛИ-дерева, а столбцами – номера или наименования технических требований. При формировании модели оценки достаточно провести оценку элементов и признаков, соответствующих висячим вершинам, т.е. вершинам не имеющим потомков.

Степень соответствия между требованиями и признаками определяется методом экспертных оценок. Система оценок принимается такой, чтобы модель оценки обеспечивала четкое выражение качественных и количественных отличий между технологическими решениями. В матрице соответствий каждая вершина И-ИЛИ-дерева оценивалась по пятибалльной системе. Синтез структуры технологических решений, удовлетворяющий требованиям технического задания, производился в следующем порядке.

На первом этапе осуществляется просмотр общего И-ИЛИ-дерева и проверка каждой из висячих вершин по заданным ограничениям. Значения показателей для проверки выбирались из матрицы соответствий.

На втором этапе, после того как были отброшены все висячие вершины, не удовлетворяющие требованиям технического задания, производилось построение усеченного И-ИЛИ-дерева (дерева допустимых технических решений).

Результатом работы являются синтезированные структуры технологических решений, представленные в виде таблицы.

Выводы. Построена автоматизированная база данных расточного инструмента в виде И-ИЛИ-графа, позволившая синтезировать новые технические решения и матрица соответствия для выбора необходимого инструмента из множества.

Анализ синтезированных структур технологических решений показывает, что задача точности настройки инструмента на размер решается в них с помощью выбора определенных конструктивно-геометрических показателей элементов механизма настройки.

Проверка полученных решений на соответствие патентно-правовым показателям выявила, что четыре из них обладают признаками патентной чистоты, что позволит, в дальнейшем, заявить их в качестве изобретений.

Использование на практике синтезированных технологических решений возможно после определения параметров их структуры.

1. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. – М.: Машиностроение, 1988. –368 с.

СБОРКА НЕПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТИПА «КОРПУС – ВТУЛКА» ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ.

Ятло И.И. - к.т.н., доцент,
Гавриленко Д.С. - магистрант,

Несущая способность неподвижного соединения определяется его способностью сопротивляться действию крутящего момента и (или) осевой сдвигающей силе. Качество неподвижных соединений в значительной мере определяется микрорельефом контактирующих поверхностей сопряжения и значительно повышается с нанесением на эти поверхности регулярного или частично-регулярного микрорельефа. С увеличением радиуса закругления выступов и однородности неровностей регулярного микрорельефа появляется возможность осуществления значительно больших, чем обычно натягов, так как резко снижается режущая способность заостренных микровыступов. Наибольшей прочностью при прочих равных условиях обладает соединение с одинаковой высотой и формой неровностей и с одинаковым (или кратным) их шагом. В большинстве опубликованных исследований регуляризацию микрорельефа предлагается осуществлять вибрационным накатыванием или созданием двухуровневого микрорельефа. Наиболее существенными недостатками данных методов является сложность инструмента, трудности при обеспечении точной ориентации впадин и выступов микрорельефа и сравнительно низкая производительность процесса.

Для регуляризации микрорельефа охватываемой детали (корпуса) неподвижного соединения предлагается использовать один из способов отделочно-упрочняющей обработки ППД с полужесткой связью деформирующих тел с источником движения – центробежно-инерционную накатку. Данный метод нанесения частично-регулярного микрорельефа (ЧРМР) свободен от вышеперечисленных недостатков и позволяет получать ЧРМР с

дискретными регулярными неровностями шахматного расположения по ГОСТ 24773 – 81. Параметры ЧРМР: θ – угол направления неровностей, S_0 – осевой шаг и S_k – круговой шаг неровностей определяются геометрией деформирующего элемента (ролика) накатника и продольной подачей. Другие параметры: h – глубина неровностей и F_n – относительная площадь, занимаемая регулярными неровностями, зависят от частоты вращения накатника, механических свойств охватываемой детали и определяются необходимыми значениями показателей прочности соединения. Сборка неподвижного соединения осуществляется установкой втулки с зазором и последующим дорнованием, в процессе которого материал втулки, пластически деформируясь, заполняет рельеф сопрягаемой поверхности охватываемой детали. Наибольшая прочность соединения при прочих равных условиях наступает при полном заполнении профиля. В большинстве опубликованных исследований степень заполнения профиля, влияющая на величину расчетного натяга дорнования, оценивается по эмпирическим зависимостям.

В данной работе выполняется моделирование пластического течения материала втулки с использованием процедур нелинейного анализа COSMOS Design STAR 4.5. В качестве модели пластического течения принята модель Мизеса с изотропным упрочнением и использованием кривых упрочнения материала втулки при холодной деформации. В DesignSTAR 4.5 кривые деформирования материалов задаются таблично и аппроксимируются конечным множеством линейных участков (Рисунок 1 а), что значительно повышает точность решаемой задачи в сравнении с другими программами, в большинстве которых зависимость «напряжение – деформация» задается двумя касательными модулями и точкой перелома – пределом текучести (Рисунок 1 б).

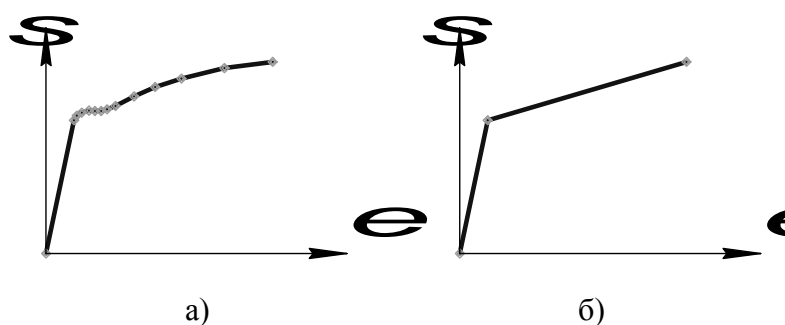


Рисунок 1 – Кривые деформирования

Для определения условий заполнения микрорельефа моделируется напряженно – деформированное состояние разъемного соединения состоящего из пластины и плиты. На поверхности плиты создаются лунки и канавки различной формы, пластина нагружается давлением. Величина давления пошагово увеличивается либо до наступления полного заполнения микрорельефа, либо до момента исчерпания несущей способности сборки. Момент исчерпания несущей способности определяется сравнением предела прочности материала с величиной получаемых эквивалентных напряжений. Изменяя форму и размеры канавок и лунок, получаем возможность их оптимизации. Достоверность получаемых результатов проверяется экспериментально: к пластине прикладывается полученное при моделировании давление, и так как соединение разъемное, с контактной поверхности пластины снимается профилограмма и вычисляется объем материала заполнившего микрорельеф.

По результатам моделирования определяются эквивалентные напряжения и деформации сопряжения, при которых происходит полное заполнение профиля ЧРМР охватываемой детали. Уровень этих напряжений и деформаций позволяет определить оптимальный натяг дорнования, обеспечивающий полное заполнение профиля и обеспечивающий требуемую прочность соединения.

Таким образом проектирование технологической операции сборки неподвижного соединения повышенной прочности сводится к следующему:

1. Исходя из требуемой прочности соединения (усилие распрессовки и момент проворота) определяются параметры ЧРМР охватывающей детали, на основании которых назначаются режимы накатывания и конструктивные параметры деформирующего элемента.

2. По результатам моделирования пластического течения материала втулки определяется минимальный расчетный натяг дорнования.

3. Реальный натяг дорнования определяется с учетом микронеровностей сопрягаемых поверхностей, монтажного зазора и величины упругого восстановления материала втулки после прохождения дорна.

4. Определяются геометрические параметры дорна, втулки и режимы дорнования.

Применение этого способа сборки позволяет исключить обработку снятием стружки, упростить технологический процесс изготовления узла и сборки соединения, исключив ряд трудоёмких операций, уменьшить расход материала втулки, снизить трудоёмкость операции и получить соединение повышенной прочности.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕВОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ И ДИАГНОСТИКИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ

Доц М.В. - аспирант
Бондарь Е.Б. - аспирант
Мозговой Н.И. - магистрант
Марков А.М. - д.т.н., профессор

В условиях современного производства наблюдается повышенный интерес к деталям из стеклопластиков, обеспечивающих снижение массы изделий, хорошие эксплуатационные характеристики, высокие электротехнические и теплоизоляционные свойства, коррозионную стойкость, незначительный шум при работе, а также высокие виброизоляционные свойства.

Анализ литературных источников показал, что имеющиеся рекомендации по назначению режимов резания и выбору марки режущего инструмента при точении стеклопластиков, зачастую противоречивы и имеют частный характер. В связи с этим, необходимы исследования для выявления и обобщения рекомендаций по выбору инструментального материала и режимов обработки, а также созданию математических моделей формообразования поверхности при точении заготовок.

Целью исследований является разработка диагностической системы технологического процесса на основе применения динамических моделей, построенных с помощью искусственных нейронных сетей (ИНС), позволяющих по изменению интенсивности звуковых колебаний, возникающих в зоне резания, диагностировать геометрические параметры детали, износ инструмента, вид получаемой стружки, а также давать рекомендации для корректировки режимов резания, для достижения заданных параметров точности и качества получаемой поверхности.

Для достижения поставленной цели необходимо пройти следующие этапы в соответствии с разработанной методикой построения нейросетевой системы анализа данных и диагностики процессов механической обработки:

1. Анализ контролируемого процесса и определение его входных и выходных составляющих.

2. Планирование экспериментальных исследований с целью получения модели процесса.

3. Измерение и регистрация виброакустических процессов работающего оборудования на холостом ходу и непосредственно при обработке заготовок с помощью первичных преобразователей и согласующих устройств.

4. Исследование полученного сигнала и выявления его характеристик.

5. Анализ характеристик сигнала с целью формирования системы диагностических признаков.
6. Математическое моделирование изучаемого процесса.
7. Составление таблицы обучающей и тестирующей выборки для динамической нейросетевой модели процесса механической обработки.
8. Обучение искусственной нейронной сети с помощью обучающей выборки.
9. Тестирование работы ИНС по результатам экспериментальных данных и расчетам с помощью математических моделей процесса.
10. Создание алгоритма автоматизированной системы диагностирования технологического процесса, использующего динамические нейросетевые модели в своем составе, позволяющего давать рекомендации по назначению рациональных режимов резания и вида режущего инструмента, обеспечивающего стабильное получение заданных параметров точности и качества получаемой детали.

В рамках данных исследований ранее была разработана экспериментальная установка (ЭУ), которая включает в себя: экспериментальный резец с наклеенными тензодатчиками, тензостанция, компьютер с АЦП, динамический микрофон, компьютер со звуковой платой.

ЭУ позволяет точить образцы, изменяя геометрию резца, режимы резания, материал режущего инструмента и контролировать вид получаемой стружки, силы резания, качество поверхности, параметры точности размера и формы заготовки.

В лаборатории кафедры ОТМ были проведены эксперименты на примере обработки заготовок из стеклопластика, которые показали наличие взаимосвязи между акустическим сигналом, возникающим в процессе резания и параметрами точности и качества получаемой поверхности обрабатываемой детали.

Изучение процесса формообразования поверхности деталей из стеклопластиков осуществлялось путем целенаправленного изменения входных параметров в соответствии с методикой планирования эксперимента и регистрации выходных характеристик системы. Состояние ТС в каждый момент времени характеризуется сочетанием ряда входных параметров, а поведение системы - набором ее состояний во времени.

Были выделены следующие входные параметры процесса механической обработки заготовок из стеклопластика: режимы резания (v , t , s), геометрия (α , γ , ϕ , ϕ_1) и материал режущей части инструмента, физико-механические характеристики материала заготовки. В качестве выходных характеристик процесса регистрировались следующие параметры: вид получаемой стружки, наличие прижогов и отслоений, отклонение от круглости, шероховатость поверхности Ra , составляющая силы резания P_z , параметры акустического сигнала, износ инструмента (рис. 1).



Рисунок 1 – Входные и выходные параметры процесса резания

Запись и дальнейшая обработка сигнала, полученного с микрофона, производилась с помощью программы Adobe Audition 1.0 и Wave Lab 5.0., которые позволили определить спектр частот колебательных систем, возникающих в ТС. Двигатель и шпиндель станка работают в диапазоне частот 200-400 Гц, момент врезания характеризуется появлением спектральных компонент на частоте 2500 Гц, установившееся резание определяет полосу

частот 1500-5500 Гц. Появление составляющих сигнала более высоких частот говорит о возникновении автоколебаний в ТС, а увеличение амплитуды сигнала определяет рост сил резания и износа режущего инструмента.

Обучающая выборка для ИНС была сформирована по данным проведенных экспериментов. С помощью программы NeuroPro 0.25 были составлены двухслойные нейронные модели (рис.2б), имеющие сигмоидную нелинейную функцию активации для каждого нейрона. После обучения ИНС обеспечивала решение тестовых примеров с ошибкой не превышающую заданную точность.

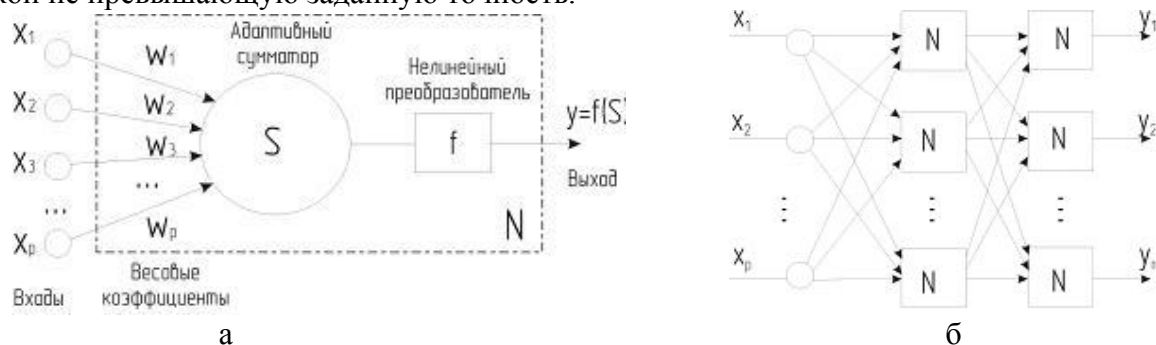


Рисунок 2 а)– модель нейрона N; б)– двухслойная искусственная нейронная сеть

Дальнейшая работа предполагает математическое моделирование процесса механической обработки заготовок из стеклопластиков с целью построения моделей для описания процесса стружкообразования, а также моделей характеризующих зависимость формообразования обрабатываемых поверхностей от режимов обработки, конструктивно-геометрических параметров режущего инструмента и параметров звукового сигнала, возникающего при резании. Данные модели позволят оценить адекватность работы обученных ИНС.

Таким образом, применение методики построения системы анализа данных и диагностики процессов механической обработки, основанной на применении ИНС, позволит повысить эффективность работ на стадии технологической подготовки производства за счет рационального назначения режимов резания и оптимального выбора марки режущего инструмента, обеспечив при этом достижение заданных параметров точности и качества получаемой поверхности.

ИЗМЕРЕНИЕ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ТОНКОСТЕННЫХ ЗАГОТОВОК С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ПЛАСТИЧЕСКОГО СВЕРЛЕНИЯ

Золотов О.В. - аспирант
Коротких В.М. - к.т.н., доцент

Одной из важнейших задач при исследовании процесса обработки тонкостенных заготовок с помощью метода пластического сверления является определение энергетических затрат, их динамики, влияющих на выбор оптимальных режимов металлообработки. На основе вышесказанного измерение активной мощности электродвигателя станка и осевой нагрузки в процессе обработки тонкостенной заготовки методом пластического сверления позволяет произвести расчет коэффициента трения, а также разработать рекомендации по выбору оборудования.

При измерении активной мощности в цепях однофазного переменного тока применяют индукционные измерительные системы, аналого-цифровые устройства. Для измерения активной мощности с успехом можно применять аналоговые четырехквadrантные перемножители. Они реализуют передаточную функцию:

$$U = k \cdot U_x \cdot U_y \quad (1)$$

где U_x и U_y - входные переменные напряжения;

U - выходное напряжение;
 k - масштабный коэффициент.

Если заменить значения входных U_x и U_y соответственно на тригонометрические функции действующих значений напряжения сети U_c и напряжения снимаемого с трансформатора тока U_I , то с учетом фазового сдвига передаточная функция будет иметь вид:

$$U = k \cdot U_c \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot U_I \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi) \text{ или} \\
U = k \cdot U_c \cdot U_I \cdot (\cos(\varphi) + \cos(2 \cdot \omega \cdot t + \varphi)) \quad (2)$$

Используя режекторный фильтр, на выходе перемножителя получаем постоянный сигнал:

$$E_0 = k \cdot U_c \cdot U_I \cdot \cos(\varphi) \quad (3)$$

Для решения данной задачи разработано устройство, принципиальная схема которого представлена на рис. 1

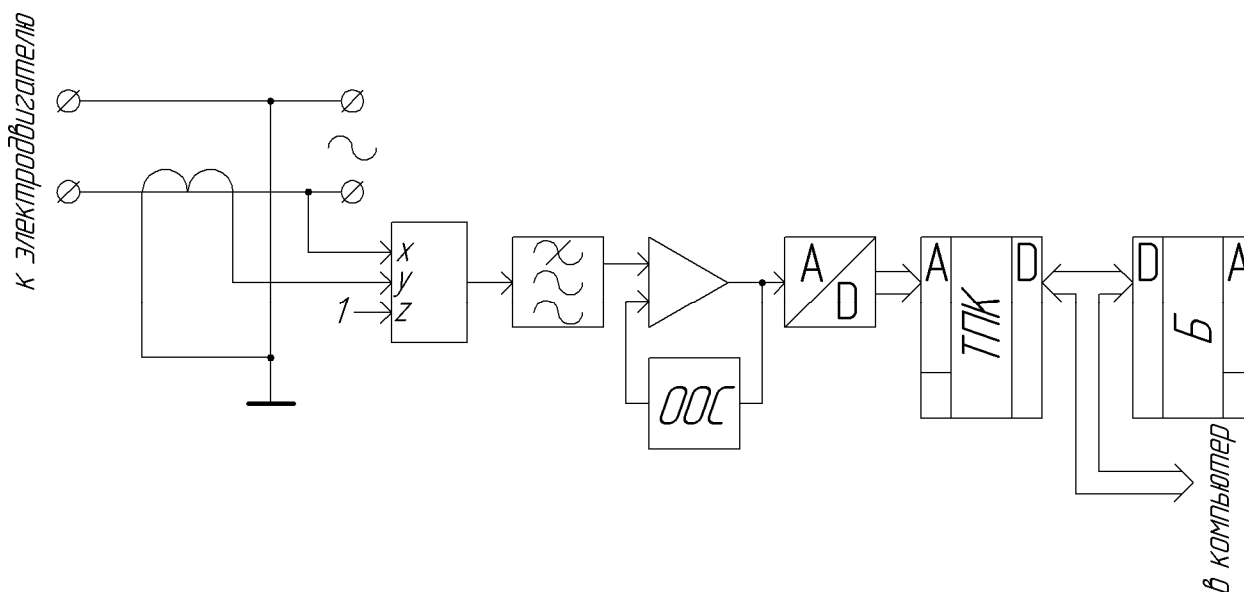


Рис. 1 – Принципиальная схема

Устройство включается в цепь электродвигателя станка. Мгновенные значения тока и напряжения перемножаются с помощью четырехквadrантного перемножителя, результирующий аналоговый сигнал поступает на вход режекторного фильтра, который удаляет высокочастотную компоненту, вызванную реактивной составляющей. Оставшийся сигнал представляет активную составляющую. Таким образом, уровень напряжения на выходе фильтра верхних частот пропорционален активной мощности. Аналоговый сигнал с выхода фильтра подается на вход усилителя, а после масштабирования на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Кодовая комбинация с выхода АЦП подается на табличный преобразователь кода, с которого снимаются истинные значения активной мощности, определенные во время калибровки.

Результаты измерений записываются в буфер устройства и по окончании измерений могут быть переданы в компьютер через параллельный порт (LPT).

1. Е.А. Коломберт Микропроцессорные средства обработки аналоговых сигналов. М.: Радио и связь, 1991.
2. Г.А. Виглеб, Датчики. М.: Мир, 1989.
3. В.М. Коротких, М.А. Гумиров Четырехквadrантные перемножители в датчиках преобразования активной мощности в частоту. Датчики электрических и неэлектрических величин, доклады Второй Международной конференции, изд-во АлтГТУ, 1995.

РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УЗЛА КРЕПЛЕНИЯ В ТРУБЧАТОЙ ЗАГОТОВКЕ ФОРМООБРАЗОВАННОГО ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ СВЕРЛЕНИИ

Золотов О.В. - аспирант

Литовченко А.Н. - магистрант гр. МТМ-12

Татаркин Е.Ю. - д.т.н., профессор

Трубчатые детали с узлами крепления находят широкое применение при изготовлении систем вентиляции, отопления, кондиционирования, при производстве газовых горелок, теплообменников, топливной аппаратуры, систем охлаждения и рециркуляции продуктов сгорания в автомобилестроении, металлической мебели и т.д.

В случаях, когда толщина трубы не позволяет сформировать три витка резьбы, узлы крепления приходится изготавливать с использованием вспомогательных крепежных элементов – резьбовых втулок и гаек, что ведет к дополнительным затратам. В настоящее время данная проблема успешно решается с помощью пластического сверления, которое позволяет осуществить формообразование узла крепления непосредственно в теле заготовки.

Одним из этапов исследования технологии пластического сверления является разработка математической модели, позволяющей прогнозировать геометрические параметры узла крепления, в зависимости от геометрических параметров заготовки, диаметра отверстия, технологических параметров процесса и геометрических параметров инструмента.

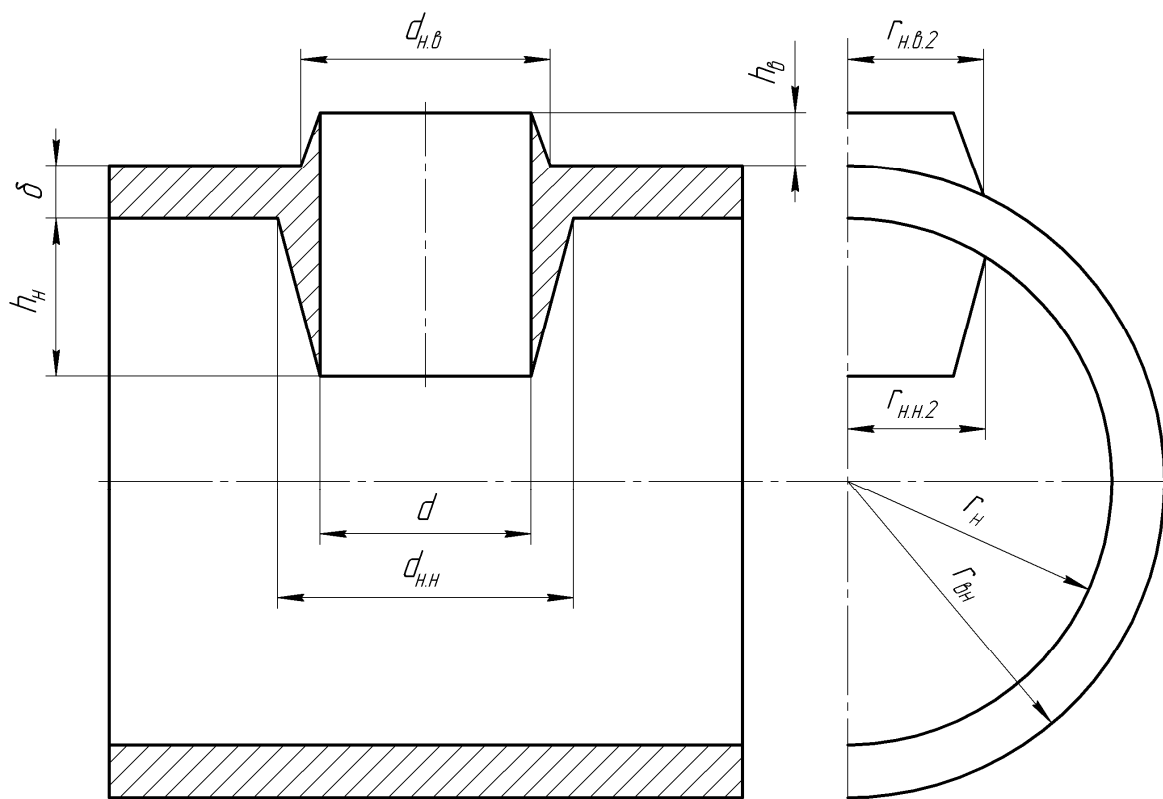


Рис. 1 – Схема расчета

В случае, когда отверстие расположено по оси заготовки, высоту наплыва на внутренней поверхности трубчатой заготовки в первом приближении можно определить по формуле, разработанной для плоской заготовки:

$$h_n = \frac{d^2 \cdot \delta}{2 \cdot (d_{н.н}^2 \cdot (K_h \cdot K_d^2 + 1) + d_{н.н} \cdot d \cdot (K_h \cdot K_d + 1) - d^2 \cdot (K_h + 1))}, \text{ мм} \quad (1)$$

где d - диаметр отверстия, мм;

δ - толщина трубчатой заготовки, мм;

$d_{н.н}$ - наружный диаметр напыла на внутренней поверхности трубчатой заготовки, мм;
 $K_h = h_г/h_n$ - отношение высот напылов на наружной и внутренней поверхностях трубчатой заготовки; $0 < K_h \leq 1$;
 $K_d = d_{н.г}/d_{н.н}$ - отношение наружных диаметров напылов наружной и внутренней поверхностях трубчатой заготовки; $0 < K_d \leq 1$.

Более точно определить высоту напыла на внутренней поверхности трубчатой заготовки можно с помощью следующей геометрической модели, основанной на допущении о равенстве объемов трубчатой заготовки до и после обработки методом пластического сверления (закон постоянства объема), которое можно сформулировать следующим образом:

$$V = V_г + V_n, \text{ мм}^3 \quad (2)$$

где V - объем выдавливаемого металла при обработке трубчатой заготовки методом пластического сверления, мм³;
 $V_г$ - объем напыла на наружной поверхности трубчатой заготовки, мм³;
 V_n - объем напыла на внутренней поверхности трубчатой заготовки, мм³.

Объем выдавливаемого металла при обработке трубчатой заготовки методом пластического сверления определяется по формуле:

$$V = \frac{4}{3} \cdot \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left(r_n^3 - r_{гн}^3 - \sqrt{(r_n^2 - r_o^2 \cdot \cos^2(\varphi))^3} + \sqrt{(r_{гн}^2 - r_o^2 \cdot \cos^2(\varphi))^3} \right) \cdot d\varphi, \text{ мм}^3 \quad (3)$$

где $r_n, r_{гн}$ - наружный и внутренний радиусы трубчатой заготовки, мм;
 $r_o = d/2$ - радиус отверстия, мм.

Объем напыла на наружной поверхности трубчатой заготовки определяется по формуле:

$$V_г = \int_{r_o}^{r_{н.г}} \left(-\frac{y_2^2 \cdot h_г}{2 \cdot (r_{н.г} - r_o)} + y_2 \cdot \left(\frac{r_o \cdot h_г}{r_{н.г} - r_o} + r_n + h_г - \frac{\sqrt{r_n^2 - y_2^2}}{2} \right) - \frac{r_n^2}{2} \cdot \arcsin\left(\frac{y_2}{r_n}\right) \right) dx - \text{, мм}^3 \quad (4)$$

$$- \int_{r_o}^{r_{н.г}} \left(-\frac{y_1^2 \cdot h_г}{2 \cdot (r_{н.г} - r_o)} + y_1 \cdot \left(\frac{r_o \cdot h_г}{r_{н.г} - r_o} + r_n + h_г - \frac{\sqrt{r_n^2 - y_1^2}}{2} \right) - \frac{r_n^2}{2} \cdot \arcsin\left(\frac{y_1}{r_n}\right) \right) dx$$

$$y_2(x) = \frac{r_{н.г.2}}{r_{н.г}} \cdot \sqrt{r_{н.г}^2 - x^2}, \quad y_1(x) = \sqrt{r_o^2 - x^2}$$

$$r_{н.г.2} = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$a = \left(1 + \frac{h_г^2}{(r_{н.г} - r)^2} \right); \quad b = \left(\frac{-2 \cdot h_г}{r_{н.г} - r} \cdot \left(h_г + \frac{r \cdot h_г}{r_{н.г} - r} + r_n \right) \right); \quad c = \left(\left(h_г + \frac{r \cdot h_г}{r_{н.г} - r} + r_n \right)^2 - r_n^2 \right).$$

Объем напыла на внутренней поверхности трубчатой заготовки определяется по формуле:

$$\begin{aligned}
V_n = & \int_{r_o}^{r_{н.н}} \left(\frac{r_{\text{вн}}^2}{2} \cdot \arcsin\left(\frac{y_2}{r_{\text{вн}}}\right) - \frac{y_2^2 \cdot h_n}{2 \cdot (r_{н.н} - r_o)} + y_2 \cdot \left(\frac{\sqrt{r_{\text{вн}}^2 - y_2^2}}{2} + \frac{r_o \cdot h_n}{r_{н.н} - r_o} + h_n - r_{\text{вн}} \right) \right) \cdot dx - \\
& - \int_{r_o}^{r_{н.н}} \left(\frac{r_{\text{вн}}^2}{2} \cdot \arcsin\left(\frac{y_1}{r_{\text{вн}}}\right) - \frac{y_1^2 \cdot h_n}{2 \cdot (r_{н.н} - r_o)} + y_1 \cdot \left(\frac{\sqrt{r_{\text{вн}}^2 - y_1^2}}{2} + \frac{r_o \cdot h_n}{r_{н.н} - r_o} + h_n - r_{\text{вн}} \right) \right) \cdot dx \\
& y_2(x) = \frac{r_{н.н.2}}{r_{н.н}} \cdot \sqrt{r_{н.н}^2 - x^2}, \quad y_1(x) = \sqrt{r_o^2 - x^2} \\
& r_{н.н.2} = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a} \\
a = & \left(1 + \frac{h_n^2}{(r_{н.н} - r_o)^2} \right); \quad b = \left(\frac{2 \cdot h_n}{r_{н.н} - r_o} \cdot \left(-\frac{r_o \cdot h_n}{r_{н.н} - r_o} - h_n + r_{\text{вн}} \right) \right); \quad c = \left(\left(-\frac{r_o \cdot h_n}{r_{н.н} - r_o} - h_n + r_{\text{вн}} \right)^2 - r_{\text{вн}}^2 \right)
\end{aligned} \tag{5}$$

Значения интегралов (3, 4, 5) определяется с помощью метода криволинейных трапеций (формула Симпсона).

При расчете объемов $V_в$ и V_n используется значение высоты наплыва на внутренней поверхности трубчатой заготовки определенное по формуле (1). Высота наплыва на внутренней поверхности трубчатой заготовки определена с достаточной точностью (погрешность $\pm 5\%$), если соблюдается условие:

$$0,95 \leq \frac{V}{V_в + V_n} \leq 1,05 \tag{6}$$

Если условие (6) не соблюдается, определяется новое значение h_n :

$$\begin{aligned}
& \text{при } \frac{V}{V_в + V_n} < 0,95, \quad h_n = h_n - \Delta h_n \\
& \text{при } \frac{V}{V_в + V_n} > 1,05, \quad h_n = h_n + \Delta h_n
\end{aligned}$$

Рассчитываются значения $V_в$ и V_n , проверяется условие (6), если условие не соблюдается, определяется новое значение h_n и расчет повторяется.

Для упрощения расчета высоты наплыва на внутренней поверхности трубчатой заготовки вводится поправочный коэффициент:

$$K_V = \frac{h_n^{ym}}{h_n} \tag{7}$$

где h_n^{ym} - высота наплыва на внутренней поверхности трубчатой заготовки, уточненная с использованием вышеизложенного алгоритма, мм.

h_n - высота наплыва на внутренней поверхности трубчатой заготовки, определенная по формуле (1), мм;

После того, как будет установлена зависимость параметров K_d , K_h , $d_{н.н}$ от диаметра отверстия, наружного диаметра, толщины и физических свойств трубчатой заготовки, технологических параметров процесса и геометрических параметров инструмента, предлагается разработать номограмму для определения поправочного коэффициента K_V с использованием вышеизложенного алгоритма. Это позволит использовать для расчетов формулу (1), разработанную для плоской заготовки.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ГРУПП ПРИ СЕЛЕКТИВНОЙ СБОРКЕ ИЗДЕЛИЙ С НЕСОВПАДАЮЩИМИ ЗАКОНАМИ РАССЕЙНИЯ РАЗМЕРОВ ЗВЕНЬЕВ МНОГОЗВЕННЫХ ЦЕПЕЙ

Панов А.А. - к.т.н., доцент
Пантыкин Д.В. - магистрант

При селективной сборке изделий машиностроения одним из условий является идентичность законов рассеяния размеров, входящих в размерную цепь. При несовпадающих законах будет наблюдаться явление некомплекта из-за несовпадения количества деталей в одноименных группах.

Выполненные ранее исследования для многозвенной размерной цепи при числе групп сортировки $k=3$ показали, что величину некомплекта теоретически можно свести к нулю, если отказаться от классических условий соотношения допусков и деления их на равные группы. Решение было получено для любых сочетаний наиболее распространенных законов рассеяния размеров (равной вероятности, Симпсона, Гаусса).

Полученные результаты позволяют предположить возможность существования решения задачи для многозвенных цепей с числом групп сортировки $k=4$ и более.

Рассмотрим размерную цепь A , приведенную на рисунке 1, состоящую из 4 звеньев, все составляющие звенья которой имеют разные законы рассеяния размеров.

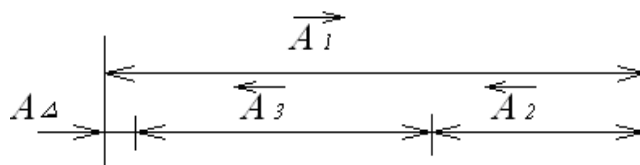


Рисунок 1- Схема размерной цепи

Примем, что допуски T_i симметричны относительно номиналов, т.е. координаты середин полей допусков $\Delta_{0i} = 0$. После сортировки звеньев на группы должны соблюдаться следующие условия. Прежде всего, суммы групповых полей рассеяния $\omega_i^{(j)}$ должны равняться заданному допуску замыкающего звена T_Δ :

$$\omega_1^{(1)} + \omega_2^{(1)} + \omega_3^{(1)} = \omega_1^{(2)} + \omega_2^{(2)} + \omega_3^{(2)} = (T_1 + T_2 + T_3) / 4 = T_\Delta. \quad (1)$$

В обозначениях $\omega_i^{(j)}$: i – номер звена, j - номер группы (см. рисунок 2).

Кроме того, при заданном симметричном расположении полей допусков T_i у замыкающего звена должно быть $\Delta_{0\Delta} = 0$ для всех групп. Для первой и второй групп должно соблюдаться соотношение:

$$\Delta_{01}^{(1)} - \Delta_{02}^{(1)} - \Delta_{03}^{(1)} = 0; \quad (2)$$

$$\Delta_{01}^{(2)} - \Delta_{02}^{(2)} - \Delta_{03}^{(2)} = 0 \quad (3)$$

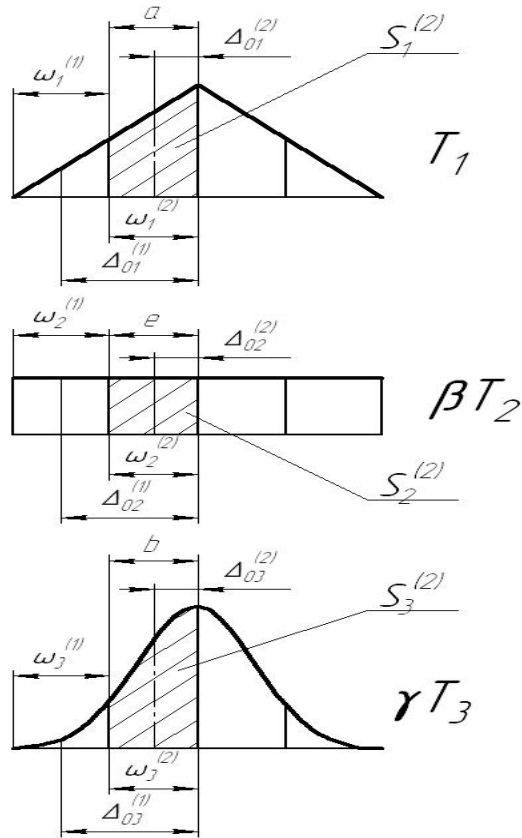


Рисунок 2 – Расчетная схема

Пусть рассеяние размеров подчиняется следующим законам: для A_1 - закону Симпсона, для A_2 - закону равной вероятности (РВ), для A_3 - закону Гаусса. Левые абсолютные границы групп на расчетной схеме обозначены соответственно как a , b , e . Введем относительные обозначения:

$$\frac{a}{T_1} = c; \quad \frac{e}{T_2} = f; \quad \frac{b}{T_3} = d; \quad \frac{T_2}{T_1} = \beta; \quad \frac{T_3}{T_1} = \gamma.$$

Если площади под кривыми рассеяния $S_i = 1$, как и принято в подобных расчетах, то площади для второй группы можно определить:

$$S_1^{(2)} = 2c(1-c);$$

$$S_2^{(2)} = f;$$

$$S_3^{(2)} = F(d).$$

Здесь $F(d)$ - значение функции Лапласа. Для исключения некомплекта количество деталей в группе должно быть одинаковым:

$$S_1^{(2)} = S_3^{(2)}; \quad S_3^{(2)} = S_2^{(2)}, \text{ или:}$$

$$2c(1-c) = f; \tag{4}$$

$$2c(1-c) = F(d). \tag{5}$$

Поскольку законы рассеяния симметричны, то условия равенства площадей будут автоматически выполняться и для остальных групп.

$$\text{Из условия (2) следует: } \left(\frac{T_1}{2} + a\right)/2 = \left(\frac{T_2}{2} + e\right)/2 + \left(\frac{T_3}{2} + b\right)/2.$$

Выполним преобразования с подстановкой относительных величин:

$$\frac{T_1}{4} + \frac{T_1 c}{2} = \frac{T_2}{4} + \frac{T_2 f}{2} + \frac{T_3}{4} + \frac{T_3 d}{2}; \quad T_1(1+2c) = T_2(1+2f) + T_3(1+2d);$$

$$1+2c = \beta(1+2f) + \gamma(1+2d);$$

$$\beta = \frac{1+2c-\gamma(1+2d)}{1+2f}. \quad (6)$$

Из условия (3) следует:

$$a/2 = e/2 + b/2; \quad cT_1 = fT_2 + dT_3; \quad c = \beta f + \gamma d;$$

$$\beta = \frac{c-\gamma d}{f}. \quad (7)$$

Из условия (1) после подстановок и преобразований получим:

$$a+e+b = \left(\frac{T_1}{2}-a\right) + \left(\frac{T_2}{2}-e\right) + \left(\frac{T_3}{2}-b\right);$$

$$T_1(4c-1) + T_2(4f-1) + T_3(4d-1) = 0; \quad 4c-1 + \gamma(4f-1) + \beta(4d-1) = 0;$$

$$\beta = \frac{4c-1-\gamma(1-4d)}{1-4f}. \quad (8)$$

Приравняем выражения (6) и (7) для параметра β и после преобразований получим:

$$\gamma f - \gamma d - f + c = 0. \quad (9)$$

Приравняем выражения (7) и (8) для параметра β и после преобразований получим:

$$\gamma f - \gamma d - 8fc + f + c = 0. \quad (10)$$

Из уравнений (9) и (10) получено уравнение:

$$2f - 8fc = 0. \quad (11)$$

$$2c(1-c) = F(d);$$

$$c = \frac{1 - \sqrt{1 - 2 \cdot F(d)}}{2}. \quad (12)$$

Функцию Лапласа в некоторой окрестности d можно аппроксимировать степенной функцией $F(d) = kd^n + gd$. Значения коэффициентов k, n, g получены численным методом.

Подставив выражение (12) в (11), получим:

$$c = 0,25;$$

$$d = 0,192053546265924;$$

$$f = 0,375.$$

Далее путем подстановок полученных значений c, d и f в (9) определяем значение $\gamma = 0,68326$. Далее из (8) определяем значение $\beta = 0,316734$.

Если принять исходное значение $T_1 = T$, то сумма остальных исходных допусков тоже была такой же: $T_2 + T_3 = T$. Скорректированные значения будут отличаться от исходных:

$$T_1 = 2T / (1 + \beta + \gamma) = T;$$

$$T_2 = T_1 \beta = 0,31674T;$$

$$T_3 = T_1 \gamma = 0,68326T.$$

По аналогичной методике решаются задача деления на группы звеньев с иными сочетаниями законов рассеяния их размеров. Проверочные расчеты показали, что поля рассеяния размеров замыкающего звена одинаковы во всех группах. Одинаковы также и координаты середин полей рассеяния замыкающих звеньев во всех группах.

Полученные результаты показывают принципиальную возможность применения селективной сборки многозвенных размерных цепей с несовпадающими законами рассеяния размеров звеньев.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРОВ

Смолин А.С. – студент гр. ТМ-14

Дятчин Н.И. – к.т.н., доцент

В 1960 г. в нашей стране были вылущены первые образцы нового вида металлорежущего оборудования, получившие название обрабатывающих центров. Стремление создателей обрабатывающих центров отразить их принципиальные отличия от традиционных станков привело к появлению в технической литературе и в каталогах разнообразных названий этого оборудования. В настоящее время в литературе встречаются термины «обрабатывающий центр», «машинный центр», «многооперационный станок», «многоцелевой станок», используемые как синонимы. Термины «многооперационные станки» и «многоцелевые станки» могут быть с полным основанием распространены и на традиционные револьверные станки-автоматы и особенно на агрегатные станки, т. е. они не отражают характерных особенностей оборудования нового типа. Наиболее удачным следует считать термин «обрабатывающий центр», подчеркивающий, что это не просто разновидность известных металлорежущих станков, а определенная компоновка узлов и агрегатов, позволяющая производить полную обработку деталей сложной конфигурации при использовании различных методов обработки. Этот термин нашел широкое распространение в отечественной и зарубежной научно-технической литературе и на производстве.

Обрабатывающий центр представляет собой высокоавтоматизированный станок с программным управлением и устройствами для автоматической смены режущего инструмента. С помощью программного управления на этих станках осуществляется автоматическое перемещение заготовки вдоль, трех координатных осей и ее вращение вокруг оси поворотного стола. В ряде случаев обрабатывающие центры снабжаются глобусным столом, имеющим не только вертикальную, но и горизонтальную оси вращения, что делает возможной обработку сложных корпусных деталей с разных сторон при одном их закреплении. Существуют конструкции обрабатываемых центров, в которых ось шпинделя по программе может устанавливаться горизонтально, вертикально или под любым углом наклона в соответствии с чертежом детали. Сочетание многокоординатной обработки с автоматической сменой инструмента позволяет выполнять обрабатывающих центрах множество операций. Возможно даже выполнение таких операций как шлифование, зубофрезерование и закалка, при этом помимо технологической гибкости обеспечивается еще и высокая надежность.

Сердцем станка является инструментальный шпиндель, который может поворачиваться относительно оси станка, за счет этого обеспечивается сложная траектория перемещения инструмента. Оснащенные современной системой ЧПУ, обрабатывающие центры могут выполнять операции, для которых раньше использовались более сложные и дорогие станки или даже несколько станков. Конструкции обрабатывающих центров постоянно совершенствуются, добавляется все больше новых возможностей. Можно заказать дополнительный токарный шпиндель, а также револьверную головку для того, чтобы улучшить технологические возможности и повысить производительность, а, следовательно, и экономическую эффективность обработки. На обрабатывающих центрах можно полностью обрабатывать валы, корпуса, лопатки турбин и многие другие детали. Кроме того, эти станки подходят для любого типа производства, от массового до единичного. Основные преимущества, которые обеспечивают обрабатывающие центров это меньшее время обработки, – это увеличение такта выпуска, существенное повышение производительности и обеспечение стабильность качества выпускаемой продукции. Плюсом обработки за один установ является исключение погрешности, появляющейся при переустановке заготовки.

Программное управление обеспечивает необходимые изменения скорости вращения шпинделя, величины рабочей подачи и скоростей холостых перемещений, а также включение и выключение смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) и других устройств.

Режущие инструменты, как правило, помещаются в специальных инструментальных магазинах большой емкости (до 138 инструментов) и автоматически по программе заменяются в шпинделе станка. Такая смена инструмента выполняется за 2—6 с. На некоторых обрабатывающих центрах вместо смены инструмента в рабочем шпинделе производится замена самих шпинделей вместе с установленными в них инструментами.

На обрабатывающих центрах осуществляются почти все процессы обработки резанием; сверление, зенкерование, развертывание, растачивание, нарезание резьбы, фрезерование плоскостей и сложных контуров.

Технологические возможности обрабатывающих центров чрезвычайно широки, на них могут выполняться все виды работ, которые необходимы при обработке корпусных деталей. В частности, на обрабатывающих центрах успешно осуществляются всевозможные виды фрезерных работ: фрезерование плоскостей торцовыми фрезами, фрезерование пазов концевыми фрезами, фрезерование дисковыми фрезами, фрезерование по контуру плоских и фасонных поверхностей, фрезерование внутренних платиков, приливов и поверхностей. Возможно также последовательное фрезерование всех поверхностей, лежащих с одной стороны детали, что невозможно выполнить при одной установке детали на продольно- и карусельно-фрезерных станках.

На обрабатывающих центрах выполняются все виды обработки отверстий: сверление, рассверливание, зенкерование литых и предварительно обработанных отверстий, растачивание в один или несколько проходов, растачивание набором резцов, растачивание резцовыми головками отверстий большого диаметра, развертывание.

Технологические возможности растачивания отверстий резко возрастают с применением планшуппортной головки с программируемым радиальным перемещением резца. В этом случае возможно растачивание без смены инструмента ступенчатых отверстий, подрезание торцов, растачивание канавок и выточек, подрезание торца с противоположной стороны стенки детали, растачивание ступенчатых отверстий с внутренней стороны стенки детали, растачивание конических отверстий и других форм.

На станках выполняема обработка всевозможных крепежных отверстий по разнообразным циклам обработки: сверление, цекование, нарезание резьбы, подрезка торцов бобышек, зенкование и т. д. При этом близкое расположение отверстий не является препятствием для их обработки.

Ранее отмечалось, что корпусные детали часто имеют группы одинаковых поверхностей и отверстий. Режущий инструмент, последовательность его перемещений, изменение режимов обработки и т. п. для каждого отверстия остаются одинаковыми и, естественно, повторяются. Для упрощения программирования обработки таких деталей пользуются возможностью задания стандартных циклов или повторяемых программ. При этом для выполнения одинаковых операций программируется цикл обработки первого отверстия, а для последующих задаются только значения координат центров отверстий. Постоянные циклы обработки наряду с упрощением разработки технологии способствуют повышению производительности за счет сокращения вспомогательных и холостых пробегов. Так, при повторении циклов устраняется время, затрачиваемое на подвод инструмента, поскольку при его обратном ходе он останавливается на уровне поверхности обрабатываемой детали.

В качестве примера приведены стандартные рабочие циклы обработки на обрабатывающих центрах: 1 – сверление отверстий одного диаметра на одинаковую глубину; 2 – сверление любого количества отверстий различной глубины; 3 – сверление глубокого отверстия с программированным выводом сверла для удаления стружки; 4 – сверление отверстия с периодическими остановками сверла для дробления стружки; 5 – последовательное растачивание нескольких одинаковых отверстий; 6 – растачивание отверстия, остановка вращения шпинделя, отвод невращающегося инструмента; 7 –

расточивание гладкого отверстия с выточками, периодическое сочетание рабочего хода и ускоренного перемещения по оси; 8 – контурное торцевое фрезерование плоскости; 9 – последовательное фрезерование нескольких участков поверхностей, лежащих в одной плоскости, с периодическим сочетанием рабочих и ускоренных перемещений детали между участками; 10 – последовательное выполнение различных видов работ: фрезерование плоскостей, растачивание отверстий, сверление, цекование фаски, нарезание резьбы в глухих и сквозных отверстиях, подрезание торцов бобышек; 11 – торцевая обработка выемок, цековка под головки болтов с остановкой и выдержкой инструмента по окончании рабочего осевого хода; 12 – последовательное фрезерование нескольких пазов с ускоренными перемещениями холостых проходов, фрезерование окон и шпоночных канавок методом маятниковой подачи; 13 – последовательное фрезерование плоскостей, расположенных на различных уровнях; 14 – фрезерование кулачков по контуру.

Но также необходимо заметить, что программирование многоцелевого станка сложнее, чем обычного станка с ЧПУ, поэтому нужен высококвалифицированный персонал; из-за высокой сложности оборудования требуется соответствующее обслуживание и обеспечение безопасности работы. Но и эти задачи эффективно решаются станкостроителями, развиваются системы управления и программное обеспечение. Требования к инструменту и оснастке для многоцелевого станка определяются необходимостью максимально эффективного использования станочного времени. Эффективность обеспечивается наилучшим сочетанием возможностей станка и инструмента. На обрабатывающих центрах с применением стандартного инструмента можно обработать такие поверхности, для обработки которых на обычном станке понадобился бы специальный инструмент.

Автоматизация холостых перемещений и повышение их скоростей до 10–15 м/мин, а также автоматизация смены позиций заготовки на поворотном столе и смены режущего инструмента резко сокращают затраты вспомогательного времени, повышая долю машинного времени в общем времени обработки детали. Известно, что в условиях серийного и мелкосерийного производства доля машинного времени на традиционных станках не превышает 18–20%. На станках с программным управлением она увеличивается до 50–60%, а на обрабатывающих центрах достигает 80–90%.

Возможность быстрой замены затупившегося инструмента делает экономически целесообразной интенсификацию режимов резания, при этом фактическая стойкость режущего инструмента сокращается до величины, достаточной для обработки наибольших по размерам поверхностей изделия. При обработке деталей на обрабатывающих центрах скорости резания обычно повышаются на 20–100%.

Стабильность размеров деталей, получаемых на обрабатывающих центрах, позволяет сократить объем контрольных операций на 50–70%. Единственным видом работы, выполняемым на большинстве обрабатывающих центров вручную, является установка и крепление заготовки, а также снятие детали. В результате производительность изготовления деталей на обрабатывающих центрах в 4–10 раз выше, чем на универсальных станках, и один обрабатывающий центр может фактически заменить 4–5 и более станков традиционной конструкции.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ПОКРЫТИЯМИ ПУТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ИХ НАПРЯЖЕННЫМ СОСТОЯНИЕМ

Стоцкий А.А. – магистрант гр. МТАП-02

Фёдоров В.А. – к.т.н., доцент

Изготовление деталей с покрытиями в современном машиностроении нашло широкое распространение. Это обусловлено, главным образом, большим количеством их преимуществ перед многими аналогичными деталями, изготовленными традиционными способами. Главные из них:

- значительная экономия дорогостоящих материалов;
- возможность создания специальных свойств поверхности при обеспечении требуемых свойств сердцевины детали;
- возможность использования технологий нанесения покрытий в ремонтных работах при восстановлении деталей машин;
- возможность улучшения декоративных качеств деталей и элементов металлоконструкций при экономном использовании необходимых для этого материалов.

Одной из главных задач при изготовлении деталей с покрытиями является обеспечение требуемой долговечности при заданных условиях их эксплуатации. Именно не всегда достаточная долговечность является одной из главных проблем деталей с покрытиями, снижающая эффективность их использования и ограничивающая область применения. Поэтому при разработке технологических процессов изготовления деталей с покрытиями решение этой задачи имеет важное значение.

Научные исследования в этой области показывают, что повысить срок службы деталей с покрытиями возможно не только путем повышения их прочностных характеристик при заданных условиях эксплуатации и интервале возможных значений напряжений в детали с покрытием, но и путем влияния на их напряженное состояние. Поэтому для обеспечения наибольшей долговечности деталей с покрытиями важное значение имеет также управление их напряженным состоянием. Следует отметить, что выход из строя деталей с покрытиями происходит в большинстве случаев из-за разрушения или отслоения покрытия, поэтому наиболее целесообразно управлять именно его напряженным состоянием. Также необходимо учитывать то, что разрушение покрытия происходит в основном вследствие действия в нем критических нормальных напряжений. Отслоение же покрытия – по причине действия касательных напряжений, создающих сдвиг покрытия относительно детали.

Теоретические исследования и литературный обзор показали, что для повышения долговечности деталей с покрытиями в ряде случаев эффективна минимизация нормальных и касательных напряжений, возникающих в покрытии при определенных режимах эксплуатации. В большинстве же случаев наибольшей долговечностью обладают детали, при эксплуатации которых в покрытии действуют нормальные напряжения сжатия.

Как показывает практика, наиболее рациональным и сравнительно легко осуществимым способом управления напряженным состоянием покрытий является регулирование напряжений, образующихся в них при изготовлении деталей с покрытиями. К сожалению, существующие способы управления напряженным состоянием покрытий в большинстве случаев не позволяют в полной мере добиться их максимальной долговечности. Поэтому для решения проблемы необходима разработка новых или совершенствование существующих способов.

На основании проведенных теоретических исследований был предложен способ управления напряженным состоянием путем принудительного формирования в покрытии в процессе его нанесения напряжений необходимой величины и знака. При этом реализуется способ путем приложения к детали в процессе нанесения покрытия нагрузки определенной величины и характера (сосредоточенной или распределенной). Причем, величина и характер этой нагрузки должны определяться с учетом следующих факторов:

- 1) характера и интервала возможных значений эксплуатационных нагрузок и температур;
- 2) характера изменения нагрузок во времени;
- 3) конструктивно-геометрических параметров детали с покрытием;
- 4) прочностных характеристик детали с покрытием;
- 5) физико-механических свойств материала покрытия и основы;
- 6) физической возможности моделирования нагрузки в процессе нанесения покрытия.

Для определения возможной эффективности предложенного способа были проведены теоретические и экспериментальные исследования. В качестве испытуемых образцов были выбраны прямоугольные металлические пластины с покрытиями.

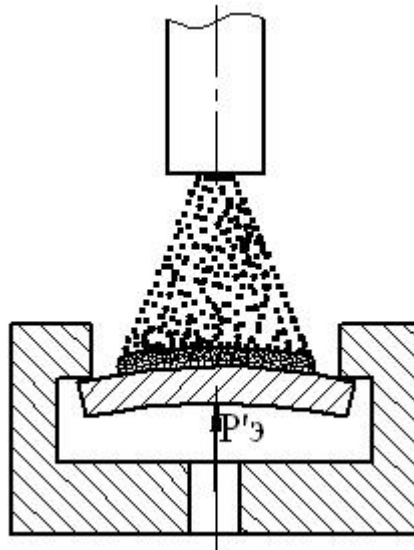


Рис. 1. Нанесение покрытия на деталь, находящейся под действием нагрузки, заданной величины и знака

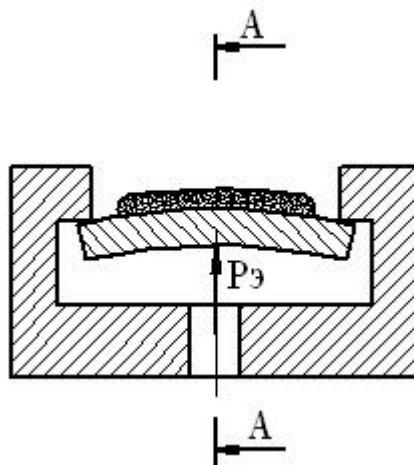


Рис. 2. Нагружение детали эксплуатационной нагрузкой

Теоретические исследования проводились с использованием специально разработанной математической модели, описывающей напряженное состояние покрытия (величину и знак нормальных напряжений в сечении А-А вблизи поверхностного слоя покрытия), нанесенного на деталь обычным и с использованием предложенного способа (рис. 1,2):

$$\sigma_{\max} = \frac{3 \cdot (P_{\text{э}} - P'_{\text{э}}) \cdot l}{b \cdot (h_{\text{п}} + h_{\text{д}})^2}, \text{ где}$$

σ_{\max} – максимальные нормальные напряжения в покрытии в сечении А-А;

$P_{\text{э}}$ – эксплуатационная нагрузка;

$P'_{\text{э}}$ – моделируемая в процессе нанесения покрытия нагрузка;

l – длина детали с покрытием;

b – ширина детали с покрытием;

$h_{\text{п}}$, $h_{\text{д}}$ – толщина покрытия и детали соответственно.

Расчеты по математической модели показали, что использование предложенного способа может позволить снизить результирующие напряжения в покрытии при эксплуатации детали с покрытием на величину, составляющую до 160 % от исходной, в зависимости от вида используемого покрытия и условий эксплуатации детали. Полученные данные были подтверждены экспериментально.

Оной из главных проблем для эффективного использования предложенного способа является оптимальный выбор величин и характера нагрузок, прикладываемых к детали

(моделируемых) в процессе нанесения покрытия. С целью решения проблемы была разработана специальная методика. Процесс ее создания основывался на анализе имеющейся научной информации о влиянии того или иного вида напряженного состояния на долговечность деталей с покрытиями при заданных условиях их эксплуатации. В результате было установлено, что для оптимизации выбора величин и характера выше указанных нагрузок необходимо выполнение следующих этапов:

1) Определение интервала возможных значений, а также характера изменения во времени эксплуатационных нагрузок и температур.

2) Определение предельно допустимых напряжений в покрытии исходя из прочностных и упругих характеристик детали с покрытием.

3) Предварительный выбор величины и характера моделируемой нагрузки:

3.1 Для случая эксплуатации детали при постоянной эксплуатационной нагрузке, создающей в покрытии напряжения растяжения, задание моделируемой нагрузки равной по значению и одинаковой по характеру с эксплуатационной нагрузкой.

3.2 Для случая эксплуатации детали при незначительно меняющейся эксплуатационной нагрузке, создающей в покрытии напряжения растяжения, задание моделируемой нагрузки равной по значению и одинаковой по характеру со средней (или наиболее часто повторяющейся) эксплуатационной нагрузкой.

3.3 Для случая эксплуатации детали при действии циклически меняющейся эксплуатационной нагрузки, периодически или постоянно создающей в покрытии напряжения растяжения, задание моделируемой нагрузки одинаковой по характеру и равной по значению величине эксплуатационной нагрузки, создающей в покрытии наибольшие растягивающие напряжения.

4) Расчет или экспериментальное определение напряжений в покрытии, нанесенном на деталь при действии на нее нагрузки с заданным значением, на всем интервале возможных значений эксплуатационных нагрузок.

5) Проверка выполнения условия прочности на всем интервале возможных значений эксплуатационных нагрузок. Причем часто достаточно проверки при крайних значениях эксплуатационных нагрузок.

6) В случае выполнения условия прочности - принятие величины и характера моделируемой нагрузки. В случае его невыполнения – корректировка величины моделируемой нагрузки в соответствующую сторону и повторное выполнение этапов 4-6.

Следует отметить, что применение предложенного способа и разработанной методики наиболее целесообразно в том случае, если при эксплуатации детали с покрытием в покрытии возникают напряжения растяжения.

МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЕ ПОЛИРОВАНИЕ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Шатц Н.В. – магистрант
Фёдоров В.А. – к.т.н., доцент

Магнитно – абразивная обработка является разновидностью отделочно–зачистных методов обработки, предназначенных для решения таких технологических задач, как удаление с поверхностей заготовок покрытий, окраски, ржавчины или дефектных слоев; округление кромок, удаление заусенцев и других дефектов на кромках. Магнитно-абразивное полирование применяется для получения требуемой поверхности детали, шероховатость которой 0,16-0,04 мкм. Точность размеров и формы при этом должны быть обеспечены предшествующей обработкой. Постоянное перемешивание ферромагнитной абразивной массы и непрерывное вступление в контакт с деталью новых режущих кромок является особенностью магнитно-абразивного процесса, частично объясняющей его высокую эффективность [1].

Магнитно-абразивное полирование вскрывает дефекты предшествующей обработки: трещины, появившиеся от прижогов при шлифовании и другие пороки, которые часто

затушевываются общим фоном неровностей предшествующей обработки. Поверхности после магнитно-абразивного полирования по сравнимым характеристикам не уступают поверхностям, полученным суперфинишированием и тонким шлифованием. Однако основные технологические закономерности применения этого метода при обработке фасонных поверхностей из современных материалов недостаточно изучены. В этом числе отсутствуют надежные устройства для магнитно-абразивной обработки пространственно сложных поверхностей, обеспечивающие высокое качество обрабатываемых поверхностей.

В технологии машиностроения существует эмпирическая формула для расчета шероховатости плоской поверхности после магнитно-абразивной обработки, она является частным случаем для обработки сферических (выпуклых, вогнутых) поверхностей, однако данная формула требует корректировки так как при обработке магнитный индуктор совершает наклон на некоторый угол α , по радиусу сферической поверхности. В итоге получается формула:

$$R_a = 0.58 \cdot \frac{Ra_{исх}^{0,58} \cdot K^{0,15} \cdot \delta^{0,3}}{\tau^{0,52} \cdot B_1^{0,05} \cdot \nu^{0,08} \cdot \nu_0^{0,26}} \cdot \int_0^{90} \cos \alpha ;$$

Эта эмпирическая формула для расчета шероховатости получаемой поверхности позволяет правильно выбирать режимы магнитно-абразивного полирования. При расчётах по этой формуле можно варьировать, прежде всего, зазором между деталью и магнитным индуктором, изменяя тем самым условия резания, что позволит получать требуемую шероховатость сферических поверхностей.

1. Барон Ю.М. Технология абразивной обработки в магнитном поле [Текст]. - Л.: Машиностроение, 1975. 128с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ СПИРАЛЬНОГО СВЕРЛА.

Гейнеман А.А. - студент

Кряжев Ю.А. - к.т.н., доцент

Спиральное сверло представляет собой прямолинейный естественно закрученный стержень постоянного сечения, который при работе нагружается крутящим моментом и осевой составляющей силы резания. В процессе сверления в инструментальном материале возникают напряжения, вызванные действием сил резания, а также сил трения между стружкой и поверхностью винтовых канавок, между ленточками сверла и стенками обрабатываемого отверстия, причем величина этих напряжений непрерывно изменяется из-за наложения на процесс резания упругих колебаний стержня инструмента.

В данной работе рассматривалось изменение длины сверла в процессе резания. Изменение величины сверла в осевом направлении главным образом связано с тем, что при врезании в заготовку сверло всегда сжимается, потому что его центральная зона создает большую осевую силу и малый крутящий момент. Но в дальнейшем в процессе резания сверло удлиняется под влиянием раскручивания перьев, хотя осевая сила препятствует этому удлинению. В конце сверления на выходе из отверстия, когда поперечная кромка прекращает резание, сверло подвергается действию только крутящего момента, что приводит к его максимальному удлинению. Сверла с большой длиной рабочей части способны раскручиваться на угол более 60° без поломки.

В работе В.И. Денисенко[1] исследовал удлинение сверла в процессе резания и получил зависимость:

$$\Delta l_k = \frac{\sqrt{H^2 + (\pi d_x)^2} \cdot l_p}{H \cdot \cos(d_x \varphi_{kp} / 2H) + \pi d_x \sin(d_x \varphi_{kp} / 2H)} \left[\pi d_x / H \cdot \sin\left(\frac{d_x \varphi_{kp}}{2H}\right) + \cos\left(\frac{d_x \varphi_{kp}}{2H}\right) - 1 \right] \quad (1),$$

где φ_{kp} – угол раскручивания; H – шаг спирали сверла; l_p – длина рабочей части сверла;

d_x – произвольный диаметр сверла.

В этой модели для расчета удлинения Денисенко В.И. представлял сверло состоящее из несвязанных между собой волокон единичного сечения.

Выражение (1) входит угол раскручивания сверла, для которого имеется аппроксимирующая формула[2]:

$$\varphi_{кр} = \frac{M_{кр}^{1,201} \cdot l^{1,852}}{101,15} \quad (2)$$

Крутящий момент зависит от следующих переменных: главного угла в плане, главного заднего угла, подачи и скорости резания.

$$M_{кр} = \frac{86,6 \cdot S_o^{0,709}}{2\varphi^{0,31} \cdot \alpha^{0,07} \cdot V^{0,057}} \quad (3)$$

С целью выбора оптимальных значений параметров режима резания предполагается нахождение среднего удлинения сверла по формуле (1) и построение поверхностей отклика для $\Delta l_{ср}$ в зависимости от момента кручения и длины рабочей части сверла.

На основе выбора оптимального значения крутящего момента будет осуществляться подбор следующих параметров режима сверления:

S_o – подача сверла на один оборот (мм/об);

V – скорость резания (м/с);

α – главный задний угол (град);

φ – главный угол в плане (град).

Данный анализ позволил указать пути повышения износостойкости спирального сверла при определенных режимах сверления.

1. Денисенко В.И. Выбор и применение режущего инструмента: Сверла. Рязань. радиотех. ин-т, 1976, С 176.
2. Даниленко Б.Д., Кряжев Ю.А. Обработка металлов. Новосибирск, 2003, С 7-8.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ АНАЛИЗОМ СПЕКТРА КОЛЕБАНИЙ

Серков А.В. – студент группы ТМ-13

Дятчин Н.И. – к.т.н., доцент

В настоящее время проводятся исследования различных явлений происходящих в процессе обработки. Суть этих исследований заключается в анализе спектров колебаний, возникающих в технологической системе «станок–инструмент–заготовка». Характер и параметры колебаний зависят от технологических режимов обработки (скорости резания и подачи), свойств обрабатываемого материала, геометрических параметров инструмента. На основе идентификации параметров колебаний выделяется необходимая информация о состоянии технологической системы и производится соответствующая корректировка режимов резания.

Целью исследований является нахождение взаимосвязи между геометрическими характеристиками обрабатываемой детали и интенсивностью звуковых колебаний, возникающих в зоне резания при механической обработке. Полученные данные позволят контролировать изменение размера, отклонения формы, параметры волнистости и шероховатости поверхности непосредственно во время обработки. Использование результатов подобного диагностирования технологической системы в процессе адаптивного управления процессом резания обеспечивает повышение производительности и точности изготовления деталей.

Метод управления процессом механической обработки на основе анализа спектра колебаний основан на многочисленных исследованиях стружкообразования, которые свидетельствуют о циклической природе процесса, обусловленного совокупностью явлений деформации сжатия и сдвига локальных объемов материала. В результате этого, в зоне

резания генерируются высокочастотные колебания, характер и параметры которых зависят от технологических режимов обработки (скорости резания и подачи), свойств обрабатываемого материала, геометрических параметров инструмента. На основе идентификации параметров колебаний выделяется необходимая информация о состоянии технологической системы. Достоинства метода заключаются в высокой информативности выбранного параметра и быстродействии системы мониторинга процесса обработки.

В основу экспериментальных исследований положен метод контроля шероховатости обработанной поверхности (ШОП) по спектру виброакустической эмиссии (ВАЭ). Эмиссия акустическая – излучение упругих волн, возникающее в процессе перестройки внутренней структуры твердых тел. Акустическая эмиссия проявляется при пластической деформации твердых материалов, при возникновении и развитии в них дефектов, например при образовании трещин, при фазовых превращениях связанных с изменением кристаллической решетки, а так же при резании твердых материалов. Физическим механизмом, объясняющим ряд особенностей акустической эмиссии, является движение в веществе дислокаций и их скоплений. Дислокационные процессы, связанные с отрывом дислокаций от точек закрепления, торможением их у препятствий, возникновением и уничтожением отдельных дислокаций имеют существенно неравномерный, и даже прерывистый, характер. Это является причиной, обуславливающей излучение волн напряжения, т.е. акустической эмиссии. Соответственно акустическая эмиссия имеет «взрывной», импульсный характер; длительность импульса может составлять 10^{-8} – 10^{-4} с., энергия отдельного импульса – от 10^9 до 10^{-5} Дж.

К основным параметрам, характеризующим акустическую эмиссию, относятся:

- общее число импульсов дискретной эмиссии за исследуемый промежуток времени;
- так называемая суммарная (или интегральная) эмиссия – число превышений сигналом эмиссии установленного уровня за исследуемый промежуток времени;
- интенсивность эмиссии – число превышений сигналом эмиссии установленного уровня в единицу времени;
- амплитуда эмиссии – максимальное значение сигнала эмиссии в течение заданного промежутка времени;
- уровень сигналов эмиссии – среднее квадратичное сигнала за рассматриваемый промежуток времени.

Схема измерительной установки построена на базе станка 1К62. В качестве первичного источника информации используется динамический микрофон, далее сигнал обрабатывается в аналого-цифровом преобразователе (АЦП) после чего поступает на сигнальный процессор звуковой карты компьютера, где преобразуется в цифровой сигнал в двоичной системе с разрядностью 16 bit. Далее при помощи программного обеспечения Wave Lab v5.01a, а также Adobe Audition 1.0 производится его дальнейшая обработка. Для измерения шероховатости обработанной поверхности применяется профилограф. Измерение силы резания производится на автоматизированном стенде сбора и обработки информации (АССОИ).

Программное обеспечение Wave Lab и Adobe Audition являются мощными аудиоредакторами. Они включают в себя набор эффектов и алгоритмов, позволяют записывать с помощью микрофона или другого источника стереозвуковой файл и производить над ним любые операции. Возможности программы Adobe Audition позволяют выполнять следующие операции над звуком: шумоподавление, частотная коррекция, изменение динамического диапазона, графическое редактирование формы звукового сигнала, многочисленные звуковые эффекты. Наиболее важной для эксперимента является операция фильтрации. Фильтрация – это процесс обработки электрического звукового сигнала частотно-избирательными устройствами с целью изменения спектрального состава (тембра) сигнала. Задачами такой обработки могут быть: 1 – амплитудно-частотная коррекция сигнала (усиление или ослабление отдельных частотных составляющих); полное подавление спектра сигнала или шумов в определенной полосе частот.

Например, если микрофон, акустическая система или еще какой-либо элемент звукового тракта имеют неравномерную амплитудно-частотную характеристику, то с помощью фильтров эти неравномерности могут быть сглажены. Если в результате анализа спектра выяснилось, что в некоторой области частот энергия помехи значительно превышает энергию сигнала, то посредством фильтрации все колебания в этом диапазоне частот можно подавить.

Программа Wave Lab позволяет в реальном времени наблюдать за процессом звукозаписи и регулировать уровень сигнала. Для наглядности в данной программе предусмотрены различные модели отображения спектров и АЧХ звукового сигнала.

1. Аршанский М.М., Щербаков В.П. Вибродиагностика и управление точностью на металлорежущих станках. – М.: Машиностроение, 1988.

2. Виброакустическая диагностика зарождающихся дефектов/ Балицкий Ф.Я, Иванова М.А., Соколова А.Г., Хомяков Е.И. М.: Наука, 1984. – 118 с.

3. Кабалдин Ю.Г., Шпилев А.М. Синергетика. Управление процессами механообработки в автоматизированном производстве. – Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета, 1997. – 206 с.

АНАЛИЗ СПОСОБА ХОЛОДНОГО НАКАТЫВАНИЯ ШЛИЦЕВ НА ВАЛАХ МЕТОДОМ КОПИРОВАНИЯ

Сапрыкин В.Ю. студент гр. ТМ-13

Дятчин Н.И. – к.т.н., доцент

В последние десятилетия в промышленности освоен ряд высокопроизводительных методов накатывания шлицев на валах, новые способы их формирования в холодном состоянии заготовки. Холодное формирование шлицевых профилей осуществляется по двум кинематическим схемам: методу копирования и методу огибания (обкатки) профиля. Метод копирования применяется для образования прямобочных, треугольных и эвольвентных шлицев со значительной высотой профиля (до 6 мм) и при небольшом количестве зубьев обрабатываемых деталей. При накатывании по методу копирования профиль впадин получаемых шлицев полностью копирует профиль формообразующей части накатного инструмента. Однако, метод обкатки с успехом применяется лишь для накатывания мелких шлицев, поэтому в дальнейшем более подробно будет рассмотрен метод копирования.

При накатывании шлицевых валов процесс осуществляется за счет силы P_x , перемещающей накатной ролик вдоль оси заготовки, рис. 1. При этом деформация осуществляется по сложному незамкнутому контуру, вследствие чего уширение металла заготовки при внедрении ролика затруднено и является не свободным, как при простой прокатке на гладких валках, а вынужденным. Особенности механики процесса обуславливают и существенное отличие по величине и распределению сил внешнего трения и удельных сил на контактной поверхности очага деформации. Причем максимум сил трения находится вблизи входа металла в очаг деформации и перед плоскостью выхода из него.

Вследствие высоких контактных нагрузок и значительных сил трения на контактных поверхностях инструмента при деформировании исходного материала высокой прочности из сталей 45, 18 ХГТ и др. происходит разрушение рабочих поверхностей накатных роликов. Основные их виды: 1 – усталостное разрушение в виде кольцевых усталостных трещин по рабочему профилю ролика на глубине порядка 1 мм от поверхности; 2 – сквозные радиальные трещины; 3 – угловые поперечные трещины; 4 – выкрашивания по рабочему профилю.

Кольцевые усталостные трещины обусловлены энерго-силовой схемой процесса накатки шлицев и возникают независимо от марки инструментальной стали, из которой изготавливаются ролики. Они появляются симметрично на боковых поверхностях рабочего профиля на расстоянии, примерно равным половине высоты шлица.

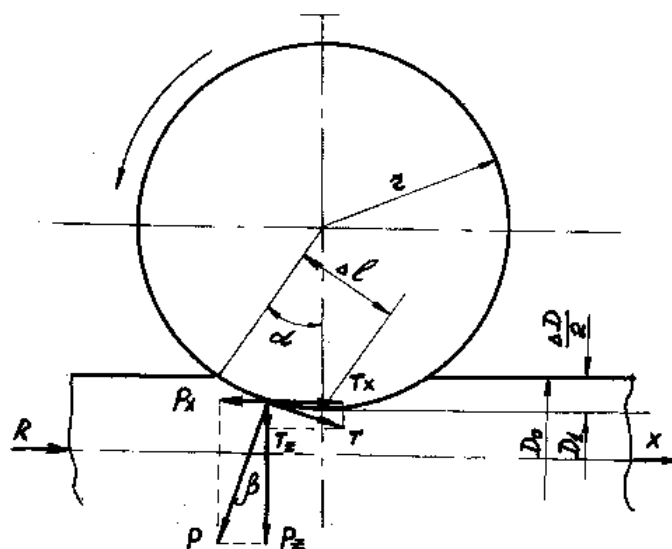


Рис.1. Схема сил, действующих на накатной ролик при накатывании шлица методом копирования

По мере прокатки эти трещины развиваются по длине и ширине и соединяются в одну общую кольцевую трещину, концентричную наружной поверхности ролика и его посадочного отверстия. Их развитие активизируется попаданием в них смазки и твердых частиц износа, взвешенных в ней, и сопровождается появлением по всей длине мелких выкрашиваний в виде точечного отшелушивания нагартованного слоя металла.

Сквозные радиальные трещины появляются вследствие возникновения в ролике рабочих напряжений, превышающих предел прочности материала, а также его неудовлетворительной структуры в виде карбидной неоднородности, низкого качестваковки и термической обработки. Характер излома от радиальной трещины является свидетельством того, что она образуется на поверхностях рабочего профиля в местах концентрации напряжений в зонах выкрашиваний, вмятин, рисок, прижогов и распространяется вглубь в направлении посадочного отверстия. В некоторых случаях радиальные трещины возникают из-за прогиба оси ролика, если она имеет низкую жесткость.

Работоспособность роликов в условиях эксплуатации характеризуют следующие критерии прочности: твердость, прочность при изгибе, ударная вязкость, которые определяют допустимые рабочие напряжения. Вместе с тем долговечность инструмента и его износостойкость определяются циклической прочностью (малоцикловой усталостью). Очевидно, чтобы повысить стойкость роликов необходимо обеспечить максимальные значения малоцикловой усталости при сохранении достаточно высоких показателей прочности и вязкости материала, из которого они изготовлены.

На практике накатные ролики чаще всего изготавливаются из быстрорежущей стали Р6М5, причем повышение их стойкости достигается снижением твердости закалки до 56–59 HRC при пониженных температурах 1140–1160°C, за счет чего достигается увеличение прочности, ударной вязкости и снижение малоцикловой усталости.

Известно, что поверхностное упрочнение повышает выносливость рабочих частей инструмента и обеспечивает минимальный механический износ их контактных поверхностей. В частности, применение поверхностного упрочнения в виде азотирования и карбонитрирования повышает усталостную прочность и эксплуатационную стойкость роликов в 2–4 раза.

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ НЕЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ

Дудина Н.В. - студент

Балашов А.В. - к.т.н., доцент

Обработка резанием нежестких деталей характеризуется трудностями обеспечения заданных размеров и формы детали. Основной причиной технологических трудностей является высокая податливость заготовки, которая вызывает упругие деформации. При назначении режимов резания данный фактор не учитывается. Упругие деформации можно определить посредством математического моделирования процесса обработки нежесткой детали. Математическая модель является составной частью модели оптимизации режимов резания.

В качестве целевой функции используется себестоимость обработки.

Себестоимость обработки рассчитывается по формуле (1).

$$C = x \cdot \left(T_{np} + \frac{L_{p.x.}}{S_i \cdot n_i} \right) + \frac{L_{p.x.}}{S_i \cdot n_i} \cdot \left[\frac{1000 \cdot C_V \cdot K_V}{\pi \cdot t^x \cdot S_i^y \cdot D \cdot n_i} \right]^{-\frac{1}{m}} \cdot \left(x \cdot T_{см.ин.} + \frac{C_{ин.}}{k+1} \right), \quad (1)$$

где x – стоимость станкоминуты; T_{np} – суммарное время простоя оборудования, приходящееся на одну деталь; $L_{p.x.}$ – длина рабочего хода; C_V, K_V, x, y, m – эмпирические коэффициенты; D – диаметр обрабатываемой поверхности или инструмента; $T_{см.ин.}$ – время смены инструмента; $C_{ин.}$ – стоимость инструмента; k – число переточек.

Ограничениями в модели оптимизации режимов обработки служат:

1. Шероховатость обработанной поверхности.

$$Ra = \frac{S_i}{4 \cdot (\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{ctg} \varphi l)} \leq Ra_3, \quad (2)$$

где φ – главный угол в плане; φl – вспомогательный угол в плане.

2. Внутренние напряжения

Для условий продольно-поперечного изгиба детали внутренние напряжения можно определить по формуле (3).

$$\sigma = \frac{P_3}{F} + \frac{M_x(S_i, n_i)}{W_x} + \frac{P_3 \cdot \nu(S_i, n_i)}{W_x} \leq \sigma_{II}, \quad (3)$$

где P_3 – продольная сила закрепления; M_x – изгибающий момент в текущем сечении, вызванный действием осевой силы резания; ν – прогиб детали, вызванный действием как силой закрепления, так и силой резания; W_x – осевой момент сопротивления в плоскости действия осевой силы резания; F – площадь поперечного сечения; σ_{II} – предел пропорциональности материала заготовки.

3. Производительность обработки

$$\Pi = \left(T_{np} + \frac{L_{p.x.}}{S_i \cdot n_i} \cdot \left(1 + T_{см.ин.} \cdot \left[\frac{1000 \cdot C_V \cdot K_V}{\pi \cdot t^x \cdot S_i^y \cdot D \cdot n_i} \right]^{-\frac{1}{m}} \right) \right)^{-1} \geq \Pi_3, \quad (4)$$

4. Показатели точности обрабатываемой поверхности

Показатели точности определяются математическим моделированием.

В качестве примера рассмотрим модель расчета показателей точности отверстия в нежестком уголке при растачивании.

В соответствии с существующими методиками определение показателей точности не представляет трудностей, если известен массив радиус – векторов описывающих профиль поверхности.

Радиус - вектор, описывающий отверстие можно записать, $\vec{r}(\varphi)$:

$$\vec{r}_0(\varphi) = r_{cm} - \vec{\omega}(\varphi), \quad (5)$$

где r_{cm} – радиус статической настройки расточной борштанги; ω – упругие отжатия расточной борштанги; φ - угол поворота радиус – вектора.

Зависимость упругих отжатий расточной борштанги от угла поворота радиус – вектора $\omega(\varphi)$ определяется:

$$\omega(\varphi) = \frac{P_y(t_\phi(\varphi)) \cdot l_0^2}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{P_x(t_\phi(\varphi)) \cdot (r_{cm} + r_p) \cdot l_0^3}{2 \cdot E \cdot I} + \frac{P_z(t_\phi(\varphi)) \cdot l_0^3}{3 \cdot E \cdot I}, \quad (6)$$

где $P_y(t_\phi(\varphi))$, $P_x(t_\phi(\varphi))$, $P_z(t_\phi(\varphi))$ – зависимость радиальной, осевой и тангенсиальной силы резания от угла поворота радиус – вектора, соответственно; r_p - вылет резца; l_0 - длина консольной части оправки от вершины резца до торца шпинделя; E - модуль упругости материала расточной борштанги; I - момент инерции расточной борштанги.

Фактическая глубина резания определяется:

$$\vec{t}_\phi(\varphi) = r_{cm} - \vec{r}_3(\varphi), \quad (7)$$

где $r_3(\varphi)$ - радиус – вектор отверстия в заготовке.

Формулу (7) можно преобразовать в следующий вид:

$$\vec{t}_\phi(\varphi) = \sqrt{(x(\varphi) - x_I(\varphi))^2 + (y(\varphi) - y_I(\varphi))^2}, \quad (8)$$

$$\text{где} \quad \begin{cases} x(\varphi) = r_{cm} \cdot \cos(\varphi) \\ y(\varphi) = r_{cm} \cdot \sin(\varphi) \end{cases} \quad \begin{cases} x_I(\varphi) = r_3 \cdot \cos(\varphi) - \Delta x \\ y_I(\varphi) = r_3 \cdot \sin(\varphi) \cdot \cos(\alpha(\varphi)) - \Delta y \end{cases}, \quad (9)$$

где α – угол наклона нежесткой поверхности заготовки с отверстием; Δx , Δy – величина несовпадения положений оси отверстия в заготовке и оси вращения расточной борштанги по осям X и Y, соответственно.

Величину угла наклона, α можно найти по формуле:

$$\alpha(\varphi) = \frac{P_x(t_\phi(\varphi)) \cdot l(\varphi)^2}{2 \cdot E \cdot J}, \quad \text{рад}, \quad (10)$$

где $l(\varphi)$ – зависимость расстояния от вершины резца расточной борштанги до базовой плоскости заготовки от угла поворота радиус-вектора; E – модуль упругости материала заготовки; J – осевой момент инерции нежесткой поверхности заготовки с отверстием.

Значения Δx и Δy равны:

$$\begin{cases} \Delta x = \omega_{\text{поз. } x} + \omega_{\text{уст. п. у.}} + \omega_{\delta} + \omega_{\text{уст. заг. } x} \\ \Delta y = \omega_{\text{поз. } y} + \omega_{\text{уст. п. у.}} + \omega_{\delta} + \omega_{\text{уст. заг. } y} \end{cases}, \quad (11)$$

где $\omega_{\text{поз. } x}$, $\omega_{\text{поз. } y}$ – погрешность позиционирования рабочего органа станка по осям X и Y, соответственно; $\omega_{\text{уст. п. у.}}$ – погрешность установки расточной борштанги в шпиндель станка; ω_{δ} - биение оси посадочного отверстия шпинделя станка под расточную борштангу относительно оси вращения; $\omega_{\text{уст. заг } x}$, $\omega_{\text{уст. заг } y}$ – погрешность установки заготовки по осям X и Y, соответственно.

Таким образом, модель оптимизации находит оптимальные режимы резания по критерию себестоимости обработки с учетом критериев по производительности, шероховатости, точностным показателям, внутренним напряжениям.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ СПИРАЛЬНОГО СВЕРЛА МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Ширедченко П.С. – студент,
Кряжев Ю.А. - к.т.н., доцент

Для обеспечения надежного функционирования технологической системы необходимо обеспечить автоматический контроль и диагностирование состояния всех звеньев системы. Анализ данной проблемы показывает, что реализация функций контроля в первую очередь

осуществляется в рамках системы управления металлорежущим оборудованием за счет использования информации о протекании процессов непосредственно в зоне резания.

Метод контроля, основанный на использовании сигналов акустического излучения (АИ) позволяет получать информацию о физических процессах, проходящих в зоне резания, а также при износе и разрушении инструментального материала. Анализ информативности и технологических особенностей метода для различных видов механической обработки позволит определить области его эффективного использования для контроля состояния режущего инструмента.

Экспериментальная установка приведена на рисунке 1.

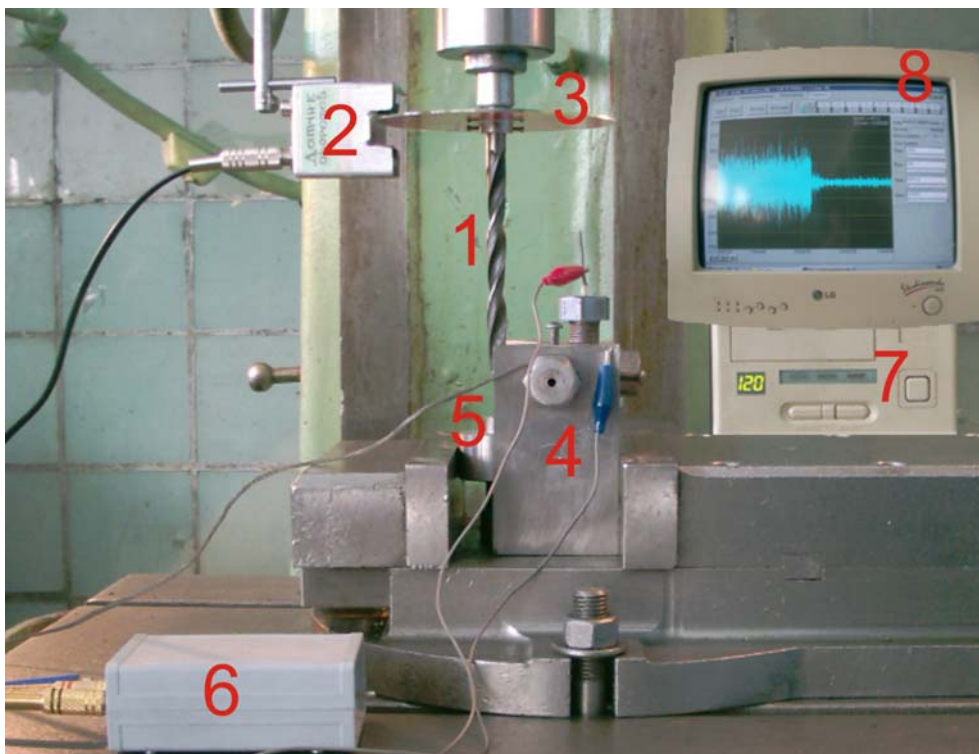


Рисунок 1 – Экспериментальная установка:

1-сверло d10; 2-датчик оборотов; 3-диск датчика оборотов; 4-призма с вмонтированным пьезокерамическим элементом (пьезокерамика ЦТС-19); 5-специальный образец для раздельного сверления; 6-дифференциальный усилитель сигнала АИ; 7-компьютер с платой сбора данных L-Card C780; 8-программа записи АИ L-Graph.

Установка позволяет регистрировать, исследовать и проводить визуальные наблюдения за параметрами сигнала АИ в частотном диапазоне (1Гц ... 100 КГц). Применение пьезокерамики дает возможность существенно снизить отношение амплитуд уровня шума оборудования к полезному сигналу и позволяет регистрировать частоты в ультразвуковом диапазоне.

Были проведены эксперименты по записи АИ при раздельном сверлении специальных образцов из стали Сталь 45 и чугуна СЧ20 на различных режимах. Метод АИ является более удобным и оперативным средством при непрерывном контроле состояния инструмента.

На одинаковых режимах сверления чугуна и стали выявлены различия в частотных характеристиках АИ.

При обработки стали средняя частота сигнала для каждой фазы сверления выше, чем для чугуна.

Данные по средним частотам приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Средняя частота сигнала.

Номер Эксперимента	Материал заготовки	N, об/мин	S, мм /об	Тип сверла	Сверление.	Частота АЦП, КГц	Средняя частота сигнала, Гц			
							от оборудования	Кромки 1	Кромки 2	Ленточки
1	Сталь 45	195	0,1	Норм.	Разд.	100	1281	2055	2526	3636
2	СЧ20	195	0,1	Норм.	Разд.	100	1276	1365	1653	2792
...										

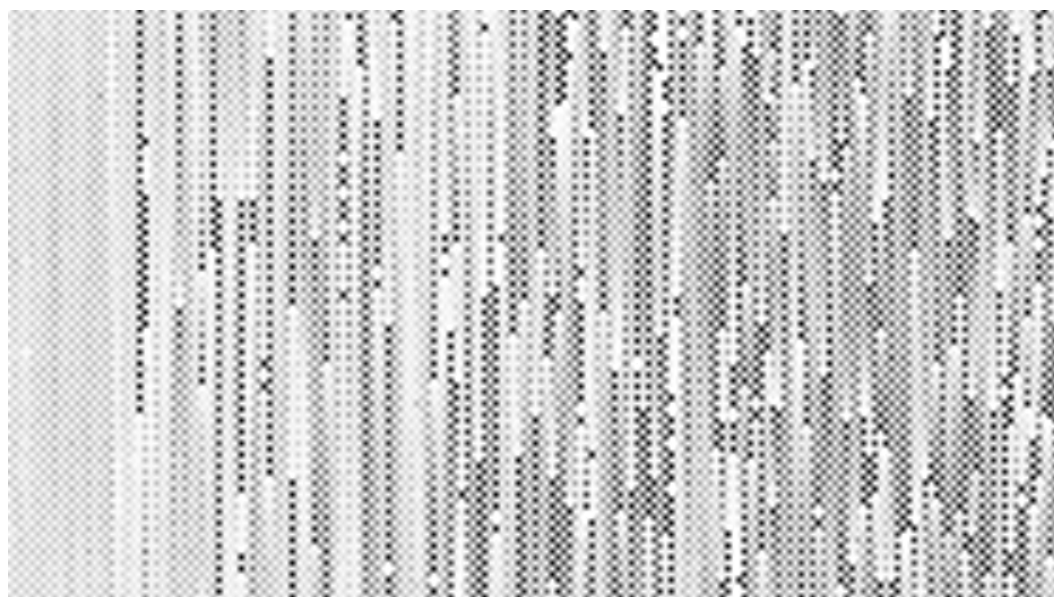
Для обработки данных использовался математический аппарат программ Matlab, Steinberg Wavelab, Adobe Photoshop. При определенной обработке файла данных с Л-Кард получается графическое изображение процесса сверления. Представление АИ в виде изображения позволяет судить об обрабатываемом материале и фазе процесса сверления. Графическое представление АИ приведены на рисунке 2.



Рисунок 2 – Графическое представление АИ (масштаб уменьшен):

1. при обработке стали (начинают врезаться режущие кромки);
2. при обработке стали (в работу включились ленточки);
3. при обработке чугуна (начинают врезаться режущие кромки);
4. при обработке чугуна (в работу включились ленточки).

Графическое представление АИ в реальном масштабе приведено на рисунке 3.



Т, мин.

Рисунок 3 - Графическое представление АИ в реальном масштабе.

Количество точек графического файла равно количеству отчетов файла данных. Взгляд на изображение в реальном масштабе показывает, как откликается материал на врезание сверла для каждой 1/100000 секунды. Мы видим амплитуду каждого отчета и частоту (более темная область графического файла свидетельствует о повышенной частоте и амплитуде).

Использование программы Matlab позволило в реальном времени отследить и выделить частоты АИ в виде спектрограммы. Спектрограмма приведена на рисунке 4.

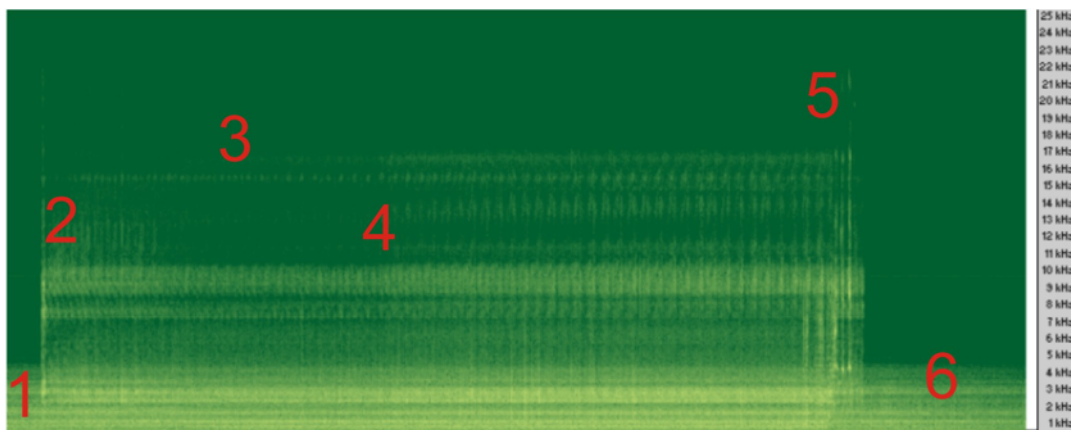


Рисунок 4 – Спектрограмма процесса сверления чугуна СЧ-20:

1-шум оборудования при включенной подаче (низкочастотная область до 4кГц);

2-момент касания сверлом образца отмечен частотным всплеском (появляются частотные полосы присущие только работе режущих кромок);

3-режущие кромки все глубже входят в образец, отмечено повышение частоты и появление гармоник в области 17 кГц;

4-ярко выраженный момент включения в работу ленточек (работе ленточек соответствует диапазон спектра -11 кГц ... 15 кГц при этом также наблюдается сигнал от режущих кромок-16 кГц как и в начале процесса). Более яркий свет в области частот-1 кГц ...4 кГц свидетельствует о повышенной энергии АИ при установившемся сверлении;

5-сверло врезалось в материал на глубину 15мм - наблюдается неравномерность процесса сверления (появились крутильные колебания сверла в продольном и поперечном направлении);

6-процесс сверления окончен. Сигнал от режущих кромок и ленточек исчез. Остался лишь шум оборудования такой же как в начале процесса.

Программа Matlab позволяет анализировать спектр частот более подробно и показать, что происходит с частотами на каждом обороте сверла, выделить крутильные колебания сверла. Исследованы частотные характеристики при сверлении стали и чугуна для различных режимов резания при работе сверла за один оборот. Основным достоинством предлагаемого метода контроля АИ является использование его для контроля состояния инструмента в реальном времени непосредственно в процессе работы. Известно, что износ «по уголку» и «ленточке» являются лимитирующим при работе сверла, зенкера, развертки, поэтому можно мгновенно судить о состоянии ленточек (обратной конусности) и режущих кромок. По разбежке во времени показаний с датчика оборотов и спектральной картины для одного оборота сверла можно рассчитать угол раскручивания сверла и определить его крутильную жесткость.

Проводимые исследования позволяют:

1. оптимизировать режимы резания осевого инструмента по технологическим критериям;
2. повысить информативность метода контроля состояния режущего инструмента;
3. повысить надежность эксплуатации режущего инструмента;
4. внедрить активный контроль состояния режущего инструмента.

1.Фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям развития науки и техники. Ч.2 / Современные технологические системы в машиностроении: сборник тезисов докладов/ Кряжев Ю.А., Ширедченко П.С. Исследование информативности акустического излучения при работе режущего инструмента. С. 103...105.

ОСОБЕННОСТИ ИЗНОСА АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ВНУТРЕННЕГО ШЛИФОВАНИЯ

Шевелева Е.А. - аспирант

Сарапкин Д.В. - магистрант

Татаркин Е.Ю. – д.т.н., профессор

Качество и износ абразивного инструмента играют существенную роль в формировании точностных параметров прецизионных деталей машин, а также влияют на отклонения формы и шероховатость обработанных поверхностей. При этом анализ профиля изношенного инструмента дает нам возможность установить участки, подверженные наибольшему износу, и своевременно провести мероприятия, направленные на повышение стойкости абразивного инструмента.

Экспериментальные исследования проводились на шлифовальных цилиндрических головках (ГЦ), служащих для обработки внутренней поверхности корпуса распылителя по окончании периода их эксплуатации. Как известно, основными отклонениями формы продольного цилиндра являются: $\Delta_{\text{кон}}$ - конусообразность, $\Delta_{\text{боч}}$ - бочкообразность, $\Delta_{\text{сед}}$ - седлообразность.

Замеры нескольких шлифовальных головок, произведенные в произвольных сечениях, позволили определить количество и месторасположение сечений, в которых необходимо было произвести измерения (рис.1).

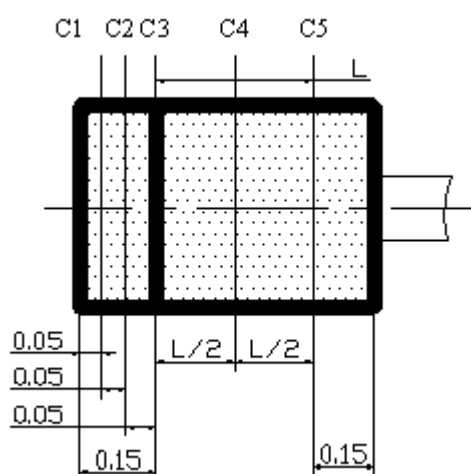


Рис.1 – Сечения шлифовальных головок, подлежащие замерам
Измерения проводились на специальной установке (рис.2).

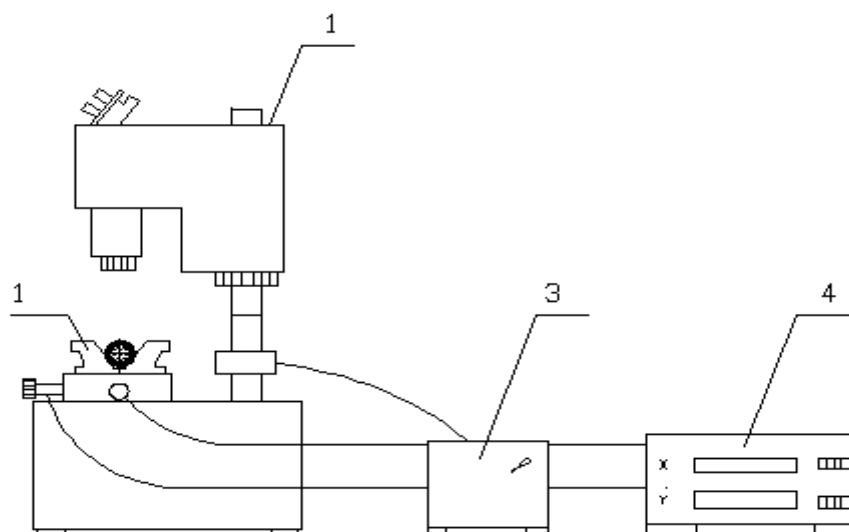


Рис.2 – Установка для измерения шлифовальных головок

1. Микроскоп ИМЦЛ 150х50.6;
2. Призма для установки измеряемого инструмента;
3. Осветитель;
4. Цифровое отсчетное устройство УЦО-2.

Результаты измерений диаметра изношенного инструмента были сведены в табл.1 и проанализированы.

Таблица 1 – Результаты измерений диаметра шлифовальных ГЦ

№ п/п	Dc ₁	Dc ₂	Dc ₃	Dc ₄	Dc ₅
1	2,9996	3,1856	3,2362	3,2606	3,2320
2	3,2130	3,2500	3,5520	3,5674	3,5578
3	3,0472	3,1500	3,2562	3,2284	3,2310
...
19	2,9876	3,2481	3,2636	3,2578	3,2602
20	2,8834	3,0317	3,2740	3,2776	3,2914

Таким образом, установлено, что:

1. Самой уязвимой частью шлифовальной головки является участок А (рис.3), на котором образуются «завалы» (конусообразность). Отклонения от цилиндричности составляет $\Delta_{ц\text{ ср}} \approx 0,232$ мм.

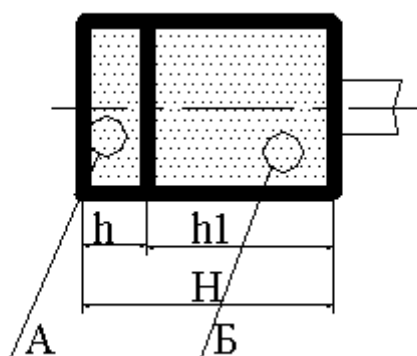


Рис.2 – Инструмент для шлифования

2. На остальной части инструмента (участок Б рис.3) отклонения от профиля продольного сечения чередуются в процентном соотношении ($\Delta_{\text{боч}}=25\%$, $\Delta_{\text{сед}}=35\%$, $\Delta_{\text{кон}}=40\%$) и наблюдается небольшое отклонение от цилиндричности $\Delta_{ц\text{ ср}} \approx 0,017$ мм.

Следовательно, можно сделать вывод, что необходимы мероприятия, направленные на увеличение стойкости абразивного инструмента. При этом на участке А (высота h) требуется повышенная твердость инструмента для обеспечения стабильного качества обработанных поверхностей. А на участке Б (высота h1) достаточно обеспечить смазывающий эффект, чтобы избежать появления прижогов.

КОМБИНИРОВАННО-ИМПРЕГНИРОВАННЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ

Шевелева Е.А. - аспирант

Татаркин, Е.Ю. – д.т.н., профессор

Несмотря на рост производства высокоточного оборудования, применения новых технологий изготовления, остается проблема стабильного обеспечения качества обработанных поверхностей и точности размеров. Данные параметры формируются на этапах финишной обработки, при этом себестоимость отделочных операций сравнительно выше остальных.

Основной финишной операций является шлифование. Анализ действующих технологических процессов показывает, что большое влияние на формирование точностных параметров и шероховатость поверхности оказывает качество абразивного инструмента и его стойкостные характеристики.

Одним из путей повышения стойкости абразивных инструментов является его пропитка (импрегнирование) составами, включающими в себя поверхностно-активные (ПАВ) и химически-активные (ХАВ) вещества. Выбор состава пропитывающих веществ зависит от обрабатываемого материала, условий и режимов шлифования, требуемого качества поверхности.

Импрегнирование абразивного инструмента оказывает положительное влияние на все показатели процесса шлифования:

- уменьшение сил и температур в зоне резания;
- увеличение производительности процесса шлифования за счет наличия окисленных слоев металла, легко удаляющиеся зернами абразива;
- улучшение эксплуатационных свойств и работоспособности шлифовальных кругов;
- увеличение средней скорости износа инструмента;
- повышение качества обрабатываемой поверхности;
- значительное увеличение стойкости инструмента между правками.

С одной стороны, обрабатывая наиболее ответственные поверхности, нам необходимо повышение твердости абразивного инструмента, что влияет на его стойкость. С другой стороны, повышение твердости влияет на физико-механические свойства обработанной поверхности - просматривается взаимосвязь между изменением исходной твердости инструмента и появлением прижогов.

Для устранения данного явления предложен комбинированно-импрегнированный инструмент для шлифования (Патент № 50904.), изображенный на рис.1.

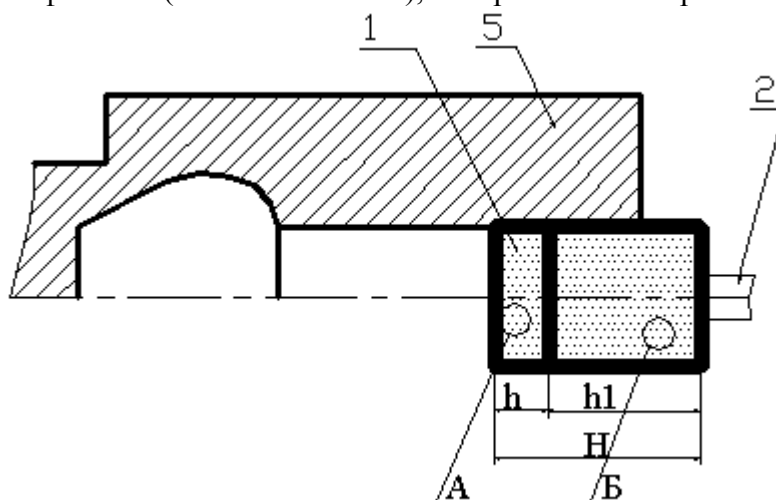


Рис.1 – Общий вид комбинированно-импрегнированного инструмента

Инструмент для шлифования содержит комбинированно-импрегнированную абразивную часть 1, соединенную с оправкой 2, и предназначен для обработки отверстия детали 5. В своем составе инструмент содержит зерно 6, связку 7 и импрегнатор, в качестве которого на участке А использован бакелит 3 (рис.2), повышающий твердость инструмента и уменьшающий износ абразивной части, а на участке Б - парафин 4 (рис.2), оказывающий смазывающее действие и снижающий тем самым появление прижогов на обрабатываемой поверхности и налипание металла на режущую часть инструмента.

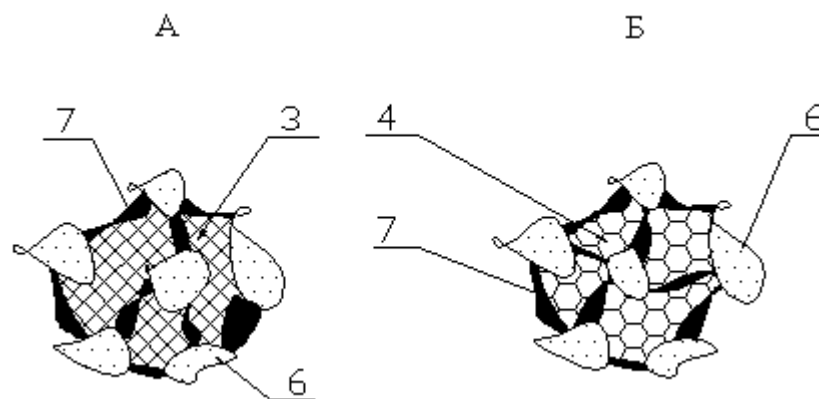


Рис.2 Структура и состав абразивной части инструмента

Шлифование, например, поверхностей деталей топливной аппаратуры, в частности, обработка отверстия корпуса распылителя форсунки осуществляется можно комбинированно-импрегнированным инструментом. Экспериментальные исследования профиля шлифовальных цилиндрических головок по окончании периода их эксплуатации показали, что участок А требует повышенной твердости инструмента, поэтому он импрегнирован бакелитом 3. А участок Б импрегнирован парафином 4. Это обеспечивает высокое качество обрабатываемой поверхности вследствие снижения шероховатости и повышения точности размеров и формы, а также уменьшает засаливаемость инструмента.

Процесс импрегнирования разбит на стадии: подогрева, пропитки и охлаждения абразивного инструмента и импрегнатора. Установка для проведения экспериментальных исследований включает в себя: сушильный шкаф СНОЛ – 2.5 – 2 шт.; контейнер для фиксации абразивных головок; состав №1 – бакелит (ГОСТ 4559-78) и растворитель (ГОСТ 2768-84); состав №2 – разогретый парафин до температуры 57-60° С; специальная ванна для импрегнирования; решетка с поддонном.

Проведенные исследования показали, что комбинированное импрегнирование позволяет повысить стойкостные характеристики абразивного инструмента, получить необходимые размеры, улучшить качество обработанной поверхности прецизионных деталей, а также избежать появления прижогов.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ШЕСТЕРЁН МАСЛЯНОГО НАСОСА

Яковлев А.Н. – студент гр. ТМ-13

Дятчин Н.И. – к.т.н., доцент

В настоящее время преимущественное применение в ДВС имеют насосы с роторами в виде прямозубых шестерён с эвольвентным профилем зуба. Это объясняется простотой конструкции таких насосов, удобством их компоновки в одно-, двух- и многосекционные агрегаты с высокими удельными весовыми и объёмными показателями. Зубчатое зацепление шестерённых насосов имеет свои особенности по отношению к зацеплению общего назначения: используются шестерни с малым числом зубьев 7...15, имеющие небольшую толщину вершин, уменьшенный радиальный зазор в передаче, близкий к единице коэффициент торцового перекрытия.

подавляющее число методов зубообработки характеризуется кинематическими процессами, сводящимися к взаимному обкатыванию зубообрабатывающего инструмента относительно обрабатываемой заготовки. Погрешности в протекании кинематического процесса зубообработки сочетаются с ошибками инструмента и его установки, геометрическими ошибками станка и установки заготовки. Совокупность этих ошибок порождает неточности формы и размеров обрабатываемых зубчатых колёс. При последующей работе зубчатого колеса в качестве элемента машины эти неточности формы и

размеров колёс вызывают неравномерность движения, сопровождающуюся возникновением динамических нагрузок и шума при работе передачи.

Температура в помещении, где производится чистовая обработка зубьев, выдерживается в пределах $20 \pm 1^\circ\text{C}$, а перед обработкой шестерен станок должен поработать вхолостую до стабилизации температуры масла в гидросистеме. Станки устанавливают на виброизолирующем фундаменте или на виброизолирующих опорах, а собственные вибрации станка строго ограничивают, применяя режимы обработки, исключая вибрации узлов станков. Класс точности станка и металлического инструмента выбирают по степени точности изделия. Точность изготовления заготовки колеса и ее базирования на зуборезном станке выбирается таким образом, чтобы суммарные погрешности не превосходили допустимых.

Прецизионность стабильно работающего зубофрезерного станка достигается установкой новой делительной пары, колесо которой нарезается и отделяется червячным шевером с использованием временного коррекционного устройства на циклические погрешности станка. Монтаж новой делительной пары производится со всей тщательностью, а кинематическая и вновь возникшие циклические погрешности (после предварительной обкатки) компенсируют коррекционным устройством. Периодически проверяют точность станка и регулируют его узлы для поддержания заданных жестких норм точности.

К заготовкам шестерен предъявляются высокие требования по механическим свойствам, производят стабилизирующие термические обработки. Механическая обработка базовых поверхностей заготовки производится на прецизионных станках. При возможности чистовая обработка колес производится после посадки на вал. Большое значение имеет высокая квалификация производственного персонала.

К перспективным относятся методы изготовления зубчатых колес без снятия стружки, в частности метод порошковой металлургии. При этом шестерни прессуются и спекаются из порошковых смесей в закрытых штампах, изготовленных из стали и твердых сплавов. Шестерни, изготовленные таким методом, имеют более низкую прочность, чем штампованные, и невысокую твердость. Повышение твердости до HRC 37 достигается при нагреве шестерни в атмосфере пара до температуры 430°C . Другой метод, позволяющий обеспечить твердость HRC 60–65 и выше – азотирование в горячей соляной ванне на глубину 0,02–0,03 мм. Такие шестерни хорошо работают на высоких скоростях при передаче небольших нагрузок и имеют высокую износостойкость. Сопрягаемость зубьев, у таких колес выше, чем обработанных резанием, а условия смазки лучше, так как смазка заполняет поры материала. Для достижения высокой точности обработки (8-й степени и выше), оставляется небольшой припуск на зубьях для последующего чистового накатывания или шевингования.

Шевингование позволяет повысить точность зубчатых колес по нормам плавности и контакта. Уменьшается также радиальное биение зубчатого венца относительно действительной оси вращения. Повышение точности по нормам плавности выражается в уменьшении волнистости поверхности зубьев, уменьшении погрешностей шага зацепления и эвольвентного профиля зубьев. Шевингование может быть использовано и для модификации зубьев шестерен по их длине. Точность, достигаемая при шевинговании зубьев дисковым шевером, в значительной степени зависит от погрешностей предшествующего зубонарезания и ошибок установки колеса относительно его конструктивных баз на шевинговальном станке. При достаточно точной предварительной обработке и правильном выборе инструмента шевингование обеспечивает обработку зубчатых колес высокой точности вплоть до прецизионных

Зубошлифование применяется при необходимости повышения точности закаленных зубьев колес, а также при изготовлении прецизионных колес во всех случаях желательно обеспечивать минимальный припуск на зубошлифование.

Важнейшей проблемой является сохранение высоких механических характеристик поверхностного слоя зубьев после зубошлифования. Для повышения качества

поверхностного слоя зубьев: а) применяют прерывистое шлифование, осуществляемое кругами с радиальными прорезями определенной ширины и шага. б) применяют новые режущие материалы, в том числе эльбор; в) после зубошлифования вводят операции зубохонингования, электрополирования и поверхностного пластического деформирования; г) применяют автоматические системы распределения припуска на зубошлифование и адаптивные системы управления режимами обработки, д) применяют новые СОЖ и способы их подачи в зону обработки (например струйно-напорная подача).

Повышение производительности зубошлифования, качества поверхностного слоя зубьев и качества зубчатых передач может быть достигнуто: а) менее точным шлифованием нерабочих сторон зубьев неревверсивных передач; б) уменьшением фактического припуска на зубошлифование; в) корректировкой величины шага зацепления и направления линии зубьев.

Обкаткой называется процесс совместного вращения обрабатываемой шестерни и одного или нескольких закаленных до большой твердости эталонных колес под распорной или окружной нагрузкой в 5–10 кгс/см², а иногда и более. Обкаткой некаленных шестерен в течение 1–2 мин достигается снижение шероховатости и образование наклепанного верхнего слоя на рабочей поверхности зубьев, что благоприятно отражается на долговечности колес, а также достигается некоторое улучшение геометрии профильных поверхностей зубчатых колес. Обкаткой закаленных колес достигается устранение заусениц и забоин, получившихся при транспортировке и термической обработке.

Процесс притирки представляет собой искусственный износ рабочей поверхности зубьев с применением абразивной массы. Притирка применяется для уменьшения шума, повышения долговечности и плавности работы передачи путем улучшения геометрии зацепления и класса чистоты поверхности закаленных зубьев. Притиркой достигается снижение отклонений профиля, улучшение чистоты поверхности на 1–2 класса, уменьшение шума передачи и образование в зацеплении желательной формы контакта.

Притирка колес 6-й степени точности средних габаритов рентабельна при соблюдении следующих основных условий обработки притираемых колес: 1) отклонения в элементах зацепления зубчатых колес, подготовленных под притирку не грубее 7-й степени точности; 2) шероховатость поверхности зубьев до притирки не более чем на два класса ниже той, которая должна быть обеспечена после притирки; 3) притиры изготовлены по 5-й степени точности или же точнее и имеют шероховатость 7-го класса чистоты; 4) оснастка, установленная в притирочном станке, имеет по диаметрам и торцам биение не более 0,005 мм; 5) припуск под притирку по толщине зуба не превышает 0,05 мм.

Возрастающие требования к качеству шестерен вызывают необходимость поиска новых подходов к совершенствованию методов их обработки как со снятием материала, так и без него. Исследованы протягивание базового отверстия, фрезерование, шевингование и холодное прикатывание зубьев колес из легированных сталей и порошковых металллокерамических сплавов. Основное внимание уделяли расширению технологических возможностей этих методов и стабильности достигаемого качества.

Установлено, что при обработке базовых цилиндрических, шпоночных и шлицевых отверстий зубчатых колес (сырых и термообработанных) целесообразно использовать протягивание. В этом случае инструмент работает с очень малыми припусками, но и это не гарантирует отсутствия наростообразования при взаимодействии материалов заготовки и инструмента. Использование твердых сплавов для деформирующих элементов в определенной степени решает эту проблему, но удорожает инструмент и его применение во многих случаях становится нерентабельным.

Результаты исследования процесса шевингования показали, что на стабильность показателей качества существенно влияет стойкость инструмента. Для обеспечения равномерного износа инструмента с обеих сторон целесообразно периодически менять направление вращения шевера, а следовательно, подвода и отвода заготовки. Отсутствие

резких остановок шевера, возникающих при реверсировании, позволяет повысить стойкость шеверов на 15–20 %.

Изготовление зубчатых колес из порошковых металлокерамических сплавов позволяет снизить припуск и трудоемкость обработки, получить значительную экономию металла и высвободить оборудование. Однако возможности этих технологических процессов недостаточно изучены.

ПОВЫШЕНИЕ СПОСОБНОСТИ К ПЕРЕНАЛАДКЕ СРЕДСТВ АКТИВНОГО КОНТРОЛЯ ПРИ КРУГЛОМ ШЛИФОВАНИИ

Мартыненко А.А. – студент гр. ТМ-13

Лабецкий В.М. – научный руководитель

Наиболее широко применяемыми средствами управляющего активного контроля при круглом наружном шлифовании в настоящее время являются двух- и трехконтактные измерительные приборы (скобы). Их достоинства состоят в том, что они позволяют компенсировать систематические и случайные погрешности технологической системы, зависящие от тепловых и силовых деформаций станка, силовых деформаций детали, износа шлифовального круга. В то же время с их помощью очень сложно вести контроль в процессе последовательной обработки поверхностей с разными диаметрами, что обычно требуется в условиях серийных производств. В этом отношении более удобными оказываются одноконтактные приборы. Однако они уступают в точности измерений ранее упомянутым средствам, т.к. имеют существенный недостаток – влияние на точность измерений деформаций станка и детали.

Можно предположить, что влияние деформаций существенно снизится, если производить замеры поверхности в радиальном направлении перпендикулярном к направлению действия результирующей силы резания от радиальной и тангенциальной составляющих P_y и P_z . Соотношение составляющих $f=P_z/P_y$ называется коэффициентом абразивного резания. Его величина приводится в литературных источниках и например для стали 45 составляет 0,36 [2, с.295]. В таком случае при контроле поверхностей разных диаметров контакт с деталью можно осуществлять через измерительный элемент в виде наклонной планки, установленной под соответствующим углом на плоских пружинах параллельно результирующей силе резания. Такая планка будет обеспечивать контакт в достаточно широком диапазоне размеров. С тыльной стороны планки может быть установлен измерительный преобразователь. Для этой цели наиболее подходящими, с точки зрения удобства настройки, являются ультразвуковой датчик или оптическое устройство "оптокастор". Ультразвуковое измерительное устройство по данным литературных источников [1, с.146] обеспечивает точность измерений ± 2 мкм, а измерительная система типа "оптокастор" - ± 1 мкм [1, с.47]. Такое устройство может быть установлено на круглошлифовальном станке с ЧПУ на механизме, предусмотренном для вспомогательных установочных перемещений измерительного прибора по дополнительной координате, перпендикулярной оси центров. В настоящее время точность координатных перемещений на станках с ЧПУ с системами Ф2 обеспечивается в пределах 2-8 мкм [3, с.128]. Тогда в направлении измерения влияние погрешности позиционирования уменьшится до 0,8-2,9 мкм т.к. наклон планки определяется величиной $f=0,36$. В итоге сумма погрешностей позиционирования и измерительных устройств оказывается вполне приемлемой.

Настройку такой измерительной системы можно производить по эталонной детали, устанавливаемой в центрах станка, путем фиксации сигналов прибора при его последовательном подводе к соответствующим поверхностям эталона в режиме наладки. В ходе наладки в моменты подачи прибором сигналов данные о координатах положения прибора от датчиков обратной связи следящего привода перемещения автоматически заносятся в оперативную память устройства управления и в дальнейшем используются в программе управления станком.

1. Вальков В.М. Контроль в ГАП. – Л.: Машиностроение, Ленингр.отд-ние, 1986. – 232 с.
2. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов: Учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1985. – 304 с.
3. Конструкция и наладка станков с программным управлением и роботизированных комплексов Учеб. пособие для СПТУ / Л.Н. Грачев, В.Л. Косовский, А.Н. Ковшов и др. – М.: Высш. шк., 1986. – 288 с.

ГЕНЕРАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

В. Д. Гончаров, к.т.н., профессор
А.Н. Кайгородов, студент гр. ТМ-13

Введение

Завершающие десятилетия прошедшего столетия явили целый ряд серьезных доказательств тому, что мы вступили в новый век, который, исходя из многих предпосылок, будет по праву называться веком технологий.

Наибольших успехов достигают там, где все большее применение находят высокие интегрированные технологии, базирующиеся на последних достижениях материаловедения, информационных, лазерных, ионно-плазменных и др. наукоемких технологий, теории управления и оптимизации, современных технологий литья, прецизионной, ультрапрецизионной обработки и т. д.

Наиболее убедительным примером таких технологий является интегрированная технология ускоренного прототипирования, инструментального обеспечения и производства изделий - Rapid Prototyping, Rapid Tooling, Rapid Manufacturing (RPTM). Все эти составляющие единого процесса имеют общую идеологию и принципы, в основе которых лежит прямой переход от 3D CAD образа непосредственно к изделию без применения оснастки, инструмента, технологической среды и т. д.

Традиционная конвенциональная технология не в состоянии достаточно быстро реагировать на требования рынка. Рабочие процессы изготовления по аналоговым технологиям традиционно базируются на послойном удалении материала заготовки для получения детали заданных размеров, формы и качества. Создание прототипов изделий, их моделей также требует много времени.

Время создания продукта (ВСП) — промежуток времени между возникновением идеи и внедрением продукта на рынок, существенно влияет на конкурентоспособность предприятия. Анализы указывают, что часто более 25 % ВСП выпадает на долю изготовления прототипов и образцов, изготовление 60% прототипов штампов опять же составляет несколько месяцев, так что быстрое изготовление прототипов имеет большой потенциал сокращения ВСП.

Анализ цикла создания продукта (ЦСП) показывает, что во всех его фазах - от возникновении идеи продукта вплоть до его внедрения на рынок - необходим прототип.

Все способы ускоренного формообразования макроизделий реализуются посредством последовательного неразъемного соединения элементарных слоев объема. Изделия любой сложности формы представляют собой уложенные (и скрепленные) один на другой слои с 2D контуром постоянной или переменной толщины. Именно контур в плоскости X-Y отличается наибольшей точностью, а в направлении оси Z происходит дискретное наращивание слоев, образующих своеобразные ступеньки. Естественно, изделия без ограничений по сложности формы производятся путем генеративных технологий без формообразующей оснастки, что кардинально сокращает этапы технологической подготовки производства и имеет целый ряд достоинств.

Разработка технологии Rapid Prototyping (RP) стала настоящим прорывом в области интегрированных технологий, позволяющим во времени и пространстве совместить или чрезвычайно сблизить разработку, конструирование и изготовление типовой единичной модели, детали или изделия в сборе, сократить время в зависимости от степени сложности на 30 - 70 %.

Эти технологии стали активно применять производители наукоемкой продукции. По масштабам применения отрасли можно представить таким рядом (по убыванию): машиностроение, аэрокосмическая область, автомобилестроение, коммуникации, медицина, инструментальное производство, переработка искусственных материалов и др. Потенциально высокая эффективность RP технологий стимулирует во всем мире исследовательские работы, направленные на расширение областей их применения, на изготовление все большего количества видов продуктов с требуемыми функциональными и эстетическими свойствами.

Таким образом, функциональная структура интегрированного рабочего процесса ускоренного формообразования изделия может быть представлена в такой последовательности:

1. Получение трехмерной математической модели изделия.
2. Компьютерная оптимизация конструкции создается по программам, исходя из функционального назначения, дизайна, других требований, предъявляемых к разрабатываемому изделию.
3. Послойное представление теоретической модели совокупностью двухмерных относительно простых моделей.
4. Создание программ компьютерного управления движением рабочего органа.
5. Послойное получение одним из способов цельной твердотельной модели или изделия
6. Окончательное изделие или модель получают последующим улучшением свойств.

На второй стадии часть этих различий устраняется за счет параметров процесса материализации теоретической модели.

На третьей, окончательной стадии происходит «облагораживание» изделия, максимально возможное приближение его функциональных свойств к требуемым: износостойкость, прочность, электропроводность, металлизация, доводка и т. д.

Роль 3D CAD моделирования.

Отправной точкой для каждого RP-метода является трехмерное описание геометрии прототипа, предназначенного для изготовления, из которого следует создание физической модели.

Например, объемное 3D моделирование предоставляет неограниченные возможности воспроизведения в виртуальном пространстве всего многообразия объектов окружающего материального мира, позволяет не только встраивать в него виртуальные модели этих предметов, но и исследовать взаимодействие их электронных образов, оптимизировать еще не существующие конструкции и процессы, манипулируя ими как реальными.

Создание 2D, 3D CAD модели производится на базе цифровой техники. Это не простой путь, т. к. необходимо учитывать сложность формы объекта и его вторичность в последующей эксплуатации конструкции. Поэтому создание 3D CAD модели связано чаще всего с применением оптико-электронной цифровой техники с использованием метода триангуляции, базирующегося на совместном анализе множества пространственных координат точек, поверхности и объема, с применением специальных фильтров, логических операций, аппроксимации и соответственно метода интерполяции.

Характеристика способов генеративной 3D материализации математической модели изделий макроуровня.

Разработанные к настоящему времени способы материализации теоретических моделей различны по многим признакам, технологическим возможностям и т. д., однако, всем существующим способам присуще достаточно много общего:

- все прототипы или изделия изготавливаются на основе 3D CAD проектирования;
- все прототипы или изделия изготавливаются послойно;
- собственно изделие или его прототип получают не путем отделения, снятия припуска с заготовки, а посредством наращивания, добавления материала, т. е. генеративным способом;

- наращивание материала в процессе формообразования происходит чаще всего в переходной его фазе от жидкого или порошкообразного к твердому состоянию;
- изготовление конструктивного элемента не требует форм или инструмента, а значит, отпадают проблемы, связанные с износом инструмента при формообразовании резанием, штамповкой, ковкой и т. д.;
- отсутствует та или иная степень ограничения, связанных со сложностью формы изделия (внутренние полости, сложные внутренние или внешние поверхности), чем сложнее конфигурация изделия, тем большее преимущество процесса;
- резкое сокращение затрат времени;
- эффективность всех способов RP существенно повышается при их интеграции с завершающей технологией изготовления твердотельных изделий -вакуумное литье, литье под давлением и другие его виды.

Используемые способы получили свое условное обозначение, состоящее из начальных букв слов, составляющих название способов материализации (RP):

- SL (SLA) - Stereolithography - способ лазерной стереолитографии;
- SLS (LS) - Selectiv Laser Sintering - избирательное лазерное спекание;
- LOM - Laminated Object Manufacturing - изготовление слоистых моделей;
- 3D Printing - TDP - Three Dimensional Printing – по принципу трехкоординатной глубокой печати;
- LTP - Liquid Thermal Polymerisation – температурная полимеризация жидкого полимера;
- 3DW - Three Dimensional Welding – трехкоординатная сварка;

Способ избирательного лазерного спекания (SLS).

SLS позволяет послойным наращиванием создавать не только модель или прототип изделия, но и собственно конечное изделие. Для изготовления используются различные порошки полиамиды, поликарбонаты, воск, нейлон, керамика, металлы. Способ предложен Карлом Декартом в 1986г. (США) Технологические комплексы содержат обычно следующие составляющие: устройство послойной подачи порошка, платформу, снабженную приводом вертикального перемещения, устройство послойного выравнивания порошка. Управляющие данные для лазера вводятся исходя из 3D CAD геометрии. Порошок послойно при помощи выравнивающего ролика наносится на платформу носителя. Управляемый луч CO₂ лазера сканирует поверхность порошка в соответствии с конфигурацией заданного сечения и инициирует локальное избирательное оплавление порошковой массы. Попавшие в зону воздействия лазерного луча участки слоя порошка принимают при этом заданную форму сечения. Платформа носителя циклически опускается. Подогрев камеры снижает затраты энергии лазера на нагрев порошка, снижает уровень деформаций. Способ предполагает подачу в камеру нейтрального газа для исключения окисления порошка при нагреве.

К преимуществам способа SLS можно отнести невысокую стоимость используемых материалов, их нетоксичность, отсутствие технологических поддержек, возможность одновременного изготовления нескольких изделий (в разных «горизонтах»), широкий спектр используемых материалов, возможность изготовления изделия по частям; высокую прочность и возможность получения окончательных изделий (прямое выращивание).

Области использования - авиационная, автомобильная, электронная, электротехническая и другие отрасли промышленности, а также медицина (имплантаты), нефтехимия, т. е. там, где требуется быстрое прототипирование, создание моделей, единичных экземпляров или малых серий функциональных изделий сложной формы.

Опубликованы данные об экспериментальной установке SLS, разработанной в Самарском филиале ФИАН (Россия), где использован лазерный комплекс КВАНТ-60 на базе лазера Nd-YAG импульсно-периодического действия, а также на базе модернизированного CO₂-лазера ИЛГН-701 непрерывного действия. Экспериментально доказана возможность использования таких порошков: металл (Ni), полимер (полиамид или поликарбонат);

биметалл (Ni, Fe, Al или латунь + припой) и интерметаллоид (Ni-Ti, Ti-Al, Ni-Al); керамика (Al+ZrO₂).

1. Интегрированные технологии ускоренного прототипизирования и изготовления: / под ред. Л. Л. Товажнянского, А.И.Грабченко. – Харьков, ОАО «Модель вселенной», 2005. - 224 с.

МЕТОДИКА ГРУППИРОВАНИЯ НЕЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ

Марков А.М., д.т.н., профессор,
Балашов А.В., к.т.н., доцент,
Чернигина Е.М., аспирант

Эффективность изготовления деталей на станках с ЧПУ можно существенно повысить путём использования технологии групповой обработки. Метод групповой обработки деталей машин приборов и других изделий, основанный на объединении деталей в группы, предусматривает применение однородных (групповых) технологических операций и общей

(групповой) быстро перенастраиваемой технологической оснастки. Разработаны и широко применяются следующие методы группирования: 1) группирование деталей по конструкторско-технологическому сходству (наиболее типичными совокупностями в этом случае являются группы шестерён, втулок, валиков и др.); 2) группирование деталей по их элементарным поверхностям, позволяющее установить варианты обработки этих поверхностей, а из комбинации элементарных процессов получить технологический процесс обработки любой детали; 3) группирование деталей по преобладающим видам обработки (типам оборудования), 4) группирование деталей по общности технологического оснащения и наладки станка. Группирование деталей открывает

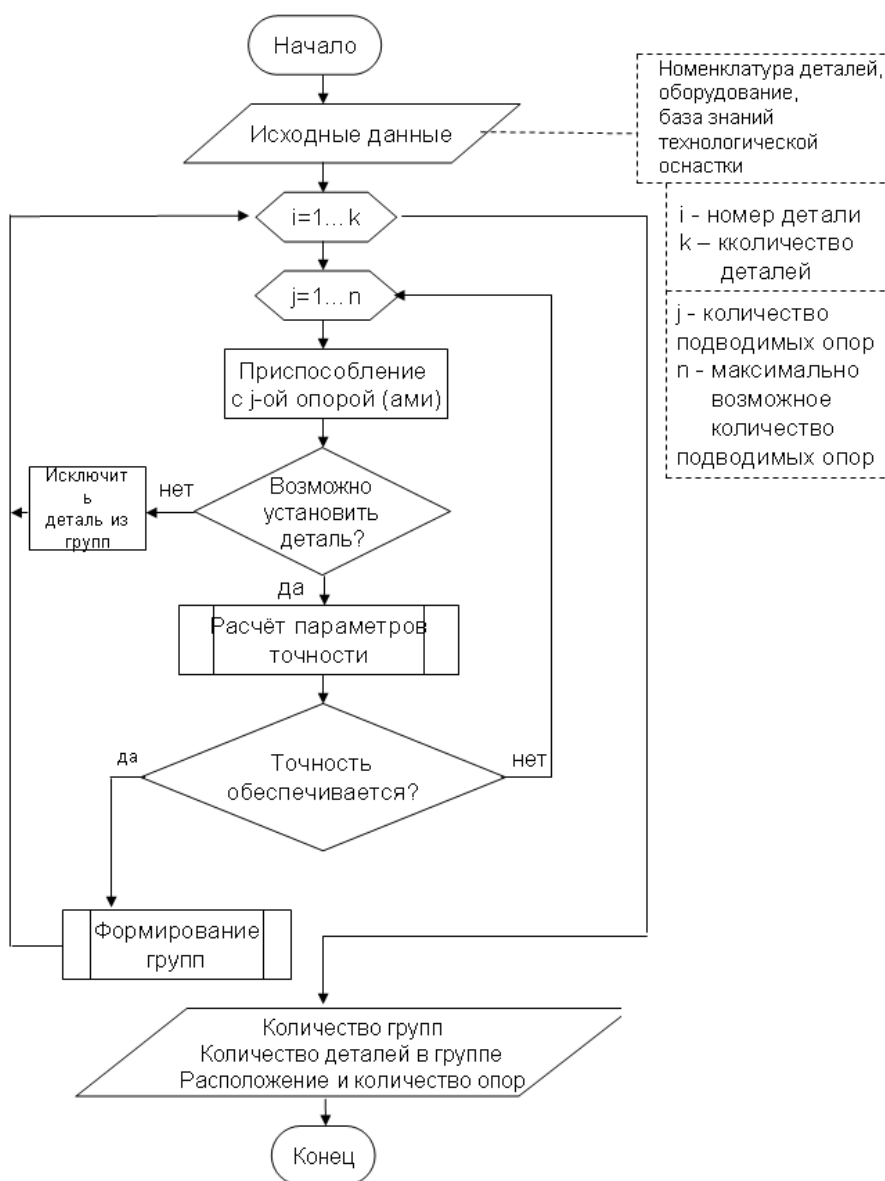


Рисунок 1 – Алгоритм реализации методики группирования нежестких деталей

широкие возможности применения переналаживаемой групповой технологической оснастки. Обработка деталей различной конфигурации с помощью групповой оснастки обеспечивается благодаря использованию сменных или регулируемых элементов.

Анализ существующих методов показал их недостаточность при группировании нежестких деталей. При обработке нежестких деталей необходимо учитывать габариты нежестких поверхностей, обуславливающих расположение и количество подводимых опор, используемых, как правило, в качестве основного мероприятия по увеличению жесткости технологической системы. Особенности расположения и количество опор должны учитываться при группировании нежестких деталей.

Для единичного технологического процесса количество и расположение опор определяется жесткостью, конструкцией и показателями точности детали. Количество и расположение опор определяют значение группового допуска на размеры, обуславливающего положение и габариты нежестких деталей (например, толщина стенки).

Благодаря использованию предлагаемых признаков для группирования нежестких деталей обеспечивается обоснованный подход к оптимизации количества требуемых сменных, регулируемых элементов в групповых переналаживаемых приспособлениях.

На основании вышесказанного разработана методика группирования нежестких деталей с учетом оптимального количества и размещения подводимых опор. Алгоритм реализации методики приведен на рисунке 1.

Исходными данными являются: номенклатура детали, характеристика оборудования, база знаний технологической оснастки. Выбор количества, расположения опор, формирование групп обеспечивается двумя циклами. В первом цикле «i» реализуется перебор деталей. Во втором цикле «j» для каждой детали в диалоговом режиме по данным базы знаний задается расположение и количество подводимых опор и рассчитывается точность обработки. Точность обработки (поля рассеяния координирующих размеров, толщины стенки) сопоставляется со значением группового допуска на анализируемые размеры. Если расчетные значения полей рассеяния находятся в пределах поля допуска, то количество и схема расположения опор фиксируется в базе знаний, а деталь включается в группу.

ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ РАСТОЧКИ СТУПЕНЧАТЫХ ОТВЕРСТИЙ КОРПУСА РЕДУКТОРА НА МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКАХ В УСЛОВИЯХ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Воронин С.С. – студент гр. 5ТАП-01

Леонов А.М. – научный руководитель

Для серийного выпуска корпуса редуктора электротали ТЭ320 требуется разработка технологии, рассчитанной на быстрый переход к производству широкой номенклатуры деталей. Этому требованию отвечает технология, основанная на применении многоцелевых станков с ЧПУ с универсальным оснащением.

Комплексная обработка корпусных деталей может выполняться с применением многоцелевых станков сверлильно-фрезерно-расточной группы. Однако обработка ступенчатых отверстий на внутренней стенке детали и канавок затруднена, малотехнологична. Применение дисковых фрез с подачей по окружности даёт выход из положения, но не всегда. Обработка дисковой фрезой невозможна для отверстий малого диаметра. Качество обработки фрезой может не соответствовать техническим требованиям по чертежу. Низкая производительность контурного фрезерования по сравнению с расточкой и др.

Обработку корпуса редуктора предлагается вести на многоцелевом сверлильно-фрезерно-расточном станке с использованием следующих универсальных расточных инструментов.

Патрон с радиальным перемещением резца. Это универсальный вспомогательный инструмент с более сложной кинематикой, позволяющей

автоматически осуществлять радиальное перемещение резца. Борштанга с резцом имеют стандартное крепление в патроне. Патрон также стандартно устанавливается в шпинделе станка. В докладе подробно изложена работа такого патрона.

Плансуппортная головка. Это универсальный вспомогательный инструмент с программным управлением, в котором радиальное перемещение резца выполняется по программе. Борштанга с резцом стандартно крепится в плансуппортной головке и по программе может радиально перемещаться в обоих направлениях. С помощью такого инструмента может выполняться обработка ступенчатых, конических, сферических и других отверстий сложной конфигурации.

Основными недостатками плансуппортной головки являются её достаточно высокая стоимость при недостаточно высокой точности обработки.

Для обработки корпуса редуктора применение предлагаемого инструмента будет технологически и экономически оправдано за счёт повышения производительности работы оборудования с ЧПУ.

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ В УСЛОВИЯХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Серёгин А.В. – студент гр. ТМ-14

Леонов А.М. – научный руководитель

В современных условиях производства дизельных двигателей требуется разработка технологии, рассчитанной на серийный выпуск сравнительно большой номенклатуры изделий.

На имеющемся парке оборудования с ЧПУ можно выполнять практически всю механообработку корпусных деталей типа картер шестерён на одном многоцелевом станке. Устройство автоматической смены инструментов способствуют повышению концентрации операций.

Повышенная жёсткость и точность многоцелевых станков позволяют выполнять на них как черновую, так и чистовую обработку, что даёт большие возможности для комплексной обработки детали на одном станке.

Обычно, многоцелевые станки имеют один инструментальный шпиндель, поэтому переходы выполняются последовательно, что позволяет вести обработку отверстий с малыми межосевыми расстояниями. А высокая точность позиционирования, как правило, исключает применение специальной оснастки, в том числе кондукторов.

Высокая стоимость оборудования с ЧПУ и меньшая производительность по сравнению с агрегатными станками оправдываются быстрой переналадкой на обработку других деталей, что очень важно в серийном производстве.

Обработка на многоцелевых станках требует повышенную точность базирования заготовки относительно начальной точки системы координат станка. Вследствие чего возникают дополнительные требования к приспособлениям.

Учитывая специфику станков с ЧПУ и необходимость увеличения их отдачи в единицу времени, целесообразно применять интенсивные режимы резания за счёт снижения периода стойкости режущего инструмента. В связи с этим возникают особые требования к качеству инструмента, его надёжной работе в период стойкости. Интенсивной и надёжной работе инструмента способствуют регламентированная заточка, доводка и настройка инструмента с высокой точностью вне станка.

При проектировании технологии обработки картера шестерён механизма газораспределения двигателя А-41 учитывались эти особенности.

УСТАНОВКА ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ

Скворцов А.А., Белов В.М., Санников А.В.

Установки плазменного напыления широко используются в промышленности для получения покрытий различного назначения [1]. Все они, как правило, стационарны, крупногабаритны, имеют большую мощность (десятки и сотни киловатт), питаются от сети трехфазного тока. Значительные энергетические затраты приводят к тому, что такие установки экономически выгодно использовать лишь при большом объеме работ. Однако, в ряде случаев, имеется необходимость в портативных малогабаритных установках плазменного напыления для нанесения покрытий на мелкие изделия, например зубные протезы и имплантаты.

Проблема создания настольной установки плазменного напыления для нанесения покрытий из металлических, керамических и композиционных материалов до настоящего времени остается актуальной.

Известна установка плазменного напыления, содержащая источник электрического питания, корпус с катодом и анодом, имеющим сквозное отверстие, симметричное относительно оси корпуса, системы подачи плазмообразующего газа и подачи напыляемого материала, выполненные в виде симметричного относительно оси корпуса отверстия в катоде, предназначенного для подачи плазмообразующего газа, и сообщенного посредством канала транспортировки плазмообразующего газа, предназначенного для транспортирования последнего к системе подачи напыляемого порошкового материала, с радиальным отверстием, предназначенным для подачи напыляемого порошкового материала. Таким образом, обе системы выполнены с возможностью подачи напыляемого порошкового материала вместе с плазмообразующим газом в межэлектродный промежуток. Сквозное отверстие в аноде предназначено для транспортировки плазмы и порошкового из области электрического разряда к напыляемой поверхности. Катод и анод подключены к источнику электрического питания, в качестве которого использована электрическая сеть переменного тока напряжением 127 и 220 Вольт. В качестве плазмообразующего газа использован аргон. Система подачи плазмообразующего газа связана через редуктор с газовым баллоном. Мощность установки составляет 100-250 Вт. Установка может быть использована в медицине для нанесения ретенционных покрытий на зубные протезы и имплантаты [2].

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к предлагаемой к рассмотрению установки является установка плазменного напыления, содержащая источник электрического питания, корпус с катодом и анодом, имеющим сквозное отверстие, системами подачи плазмообразующего газа и подачи напыляемого порошкового материала, выполненными в виде отверстий, расположенных вокруг катода в держателе катода, шайбу из жаропрочного материала. Катод и анод подключены к источнику электрического питания, состоящему из основного и вспомогательного источников. Шайба электрически соединена с анодом и установлена последовательно с ним с образованием электрического канала транспортировки плазмы и порошкового материала из области электрического разряда к напыляемой поверхности. В качестве плазмообразующего газа использован воздух. Установка может быть применена в условиях стоматологической лаборатории [3].

Общими недостатками описанных установок плазменного напыления являются неудовлетворительное качество получаемого покрытия и большие потери порошкового материала. Неудовлетворительное качество покрытия обусловлено неоднородностью напыляемой смеси плазмообразующего газа и порошкового материала, получаемой в условиях больших градиентов температур в области электрического разряда и поступления порошкового материала, то есть в условиях неоднородного и неравномерного нагрева порошкового материала в области электрического разряда. Большие потери порошкового материала обусловлены его оседанием на стенках корпусов в области электрического разряда и генерации плазмы, а также на внутренних поверхностях установок при дальнейшей транспортировке смеси плазмообразующего газа и порошкового материала.

Предлагаемая установка решает задачу повышения качества покрытия и снижения потерь порошкового материала. Для достижения указанного технического результата установка плазменного напыления, содержащая источник электрического питания, корпус с катодом и анодом, имеющим сквозное отверстие, системой подачи плазмообразующего газа, выполненной в виде отверстий, расположенных вокруг катода в держателе катода, шайбу из жаропрочного материала, систему подачи напыляемого порошкового материала, выполненную в виде отверстий, причем катод и анод подключены к источнику электрического питания, а отверстие анода размещено симметрично относительно оси корпуса, снабжена соплом, установленным последовательно с анодом и шайбой с образованием цилиндрического канала транспортировки плазмы к системе подачи порошкового материала, расположенной в стенке сопла.

Повышение качества покрытия, получаемого посредством установки плазменного напыления, достигается за счет того, что введение изолированного от анода, и потому электрически нейтрального сопла, установленного последовательно с анодом и шайбой с образованием цилиндрического канала транспортировки плазмы к системе подачи порошкового материала, не изменяет состав плазмы при ее транспортировке, а после подачи порошкового материала обеспечивает перемешивание и большую однородность образовавшейся напыляемой смеси в условиях малых градиентов температур.

Снижение потерь порошкового материала достигается за счет того, что система подачи порошкового материала расположена в стенке сопла, следовательно, на малом пути транспортировки порошковый материал меньше оседает в канале транспортировки и отсутствует оседание порошкового материала в области электрического заряда.

Предлагаемая установка по сравнению с известными техническими решениями в данной области повышает качество напыляемого покрытия и значительно уменьшает потери порошковых материалов. Кроме того, предлагаемая установка плазменного напыления позволяет уменьшить материальные и финансовые затраты на изготовление и эксплуатацию, так как не требует применения громоздких и энергоемких газораспределительных систем. Установка малогабаритна и технологична в изготовлении.

Литература:

1. Кудинов В.В., Пекшев П.Ю., Белашенко В.Е. «Нанесение покрытий плазмой», М., Наука, 1990 г.
2. Патент RU №2071188
3. Патент RU №2196010