

Министерство образования Российской Федерации

Алтайский государственный технический
университет им.И.И.Ползунова

НАУКА И МОЛОДЕЖЬ

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

СЕКЦИЯ

**ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

Барнаул – 2004

ББК 784.584(2 Рос 537)638.1

62-я Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Наука и молодежь". Секция "Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств./ Алт. гос. техн. ун-т им.И.И.Ползунова. – Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2004. – 120 с.

В сборнике представлены работы научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых Алтайского государственного технического университета, проходившей в апреле 2004 г.

Ответственный редактор к.ф.–м.н., доцент Н.В.Бразовская

© Алтайский государственный технический университет им.И.И.Ползунова

ПОДСЕКЦИЯ «ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВ»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Антошкин С. В. – студент гр. ТМ – 03

Маркова М. И. – к. т. н., доцент

Важнейшим достижением научно-технического прогресса является комплексная автоматизация промышленного производства. В своей высшей форме – гибком автоматизированном производстве – автоматизация предполагает функционирование многочисленных взаимосвязанных технических средств на основе программного управления.

Современный уровень развития техники характеризуется широким использованием деталей, содержащих пространственно сложные поверхности.

К таким деталям можно отнести сложные корпусные детали, требующие многосторонней обработки. Каждая сторона корпусной детали содержит несколько уровней по глубине, причем каждый уровень имеет сложный контур. На каждой стороне корпуса расположено определенное число основных и крепежных отверстий различных по форме и размерам.

В обычных условиях требуется разработка сложной технологии, предусматривающей значительное число фрезерных, сверлильных и расточных операций.

Для обработки таких деталей наиболее эффективным является использование станков с числовым программным управлением (ЧПУ), что позволит сократить общую продолжительность цикла изготовления детали, повысить производительность труда за счет основного и вспомогательного времени обработки на станке.

Однако использование станков с ЧПУ на этапе технологической подготовки производства требует от технолога дополнительных знаний и умений, как при проектировании технологического процесса, так и при составлении управляющей программы (УП) для станка с ЧПУ.

При подготовке УП перерабатывается большой объем технологической информации, и в ряде случаев поиск и нахождение оптимальных решений возможен лишь при широком использовании в процессе программирования электронно-вычислительных машин.

Основная сложность при составлении УП для обработки деталей повышенной сложности состоит в расчете траектории движения инструмента.

Трудоемкость обработки отверстий в ряде деталей достигает 40% и более от общей трудоемкости детали, поэтому выбору рациональной схемы обработки отверстий и траектории движения инструмента следует уделять особое внимание.

При обработке большого количества отверстий на требуемой поверхности разработана методика расчета траектории движения инструмента с учетом сокращения общего времени получения отверстий. Исходными данными для расчета траектории являются координаты центра обрабатываемых отверстий.

Использование вычислительной техники при реализации алгоритма расчета траектории дает возможность в считанные секунды сделать перебор всевозможных комбинаций и найти кратчайший путь перемещения инструмента. Выходными данными является УП для станка с ЧПУ. Данная методика позволяет сократить трудоемкость подготовки УП и повысить производительность механической обработки отверстий на станке с ЧПУ.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ МАЛОЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Захаров В.Ю. – магистрант гр. МТАП-81

Черепанов А.А. – к.т.н., доцент

Тенденции к снижению материалоемкости продукции в машиностроении обусловили увеличение объема выпуска деталей малой жесткости.

Основной причиной технологических трудностей при обработке нежестких деталей являются сравнительно высокие упругие свойства материалов, которые вызывают упругие деформации на всех стадиях обработки, сборки и эксплуатации деталей. В свою очередь, упругие деформации приводят к нарушению технологических баз, погрешностям форм и размеров деталей, ограничению режимов резания.

Прогнозирование упругих отжатий при обработке маложестких деталей является сложным процессом. Для получения ожидаемых величин погрешностей линейных размеров и формы необходимо учитывать большое количество факторов сопутствующих процессу обработки. В настоящее время для прогнозирования величин погрешностей используются, как правило, физические эксперименты. Трудозатраты для проведения данных экспериментов весьма значительны, что обуславливает необходимость поиска новых путей достижения поставленной цели. Одним из таких путей служит применение математического эксперимента.

Главная цель математического эксперимента - определение погрешности динамической настройки в зависимости от силы резания, а также установление зависимости между погрешностью обработки и внешними силами, позволяющими уменьшить погрешности формы, линейных размеров плоских поверхностей тонкостенных деталей.

Математический эксперимент проводится в среде CosmosDesingnStar 3.0. В качестве основного метода исследования применяется метод конечных элементов.

Программа CosmosDesingnStar 3.0 обладает многими возможностями конечно-элементного анализа - от простого линейного статического до сложного нелинейного динамического (нестационарного). Процедура типового расчета может быть разделена на три основных этапа:

- построение модели – определение типов конечных элементов, их констант, свойств материала и геометрии модели;
- приложение нагрузок (включая и граничные условия) и получение решения – выбирается тип анализа и установление его опций, прикладываются нагрузки, определяются опции для выбора шага по нагрузке и инициируется решение;
- просмотр и анализ результатов.

При реализации математического эксперимента предусматривается стандартная подпрограмма динамического анализа, который используется для определения реакции конструкции (в виде перемещений, деформаций, напряжений и усилий) на действие произвольной нагрузки, меняющейся во времени таким образом, что приходится учитывать инерционные эффекты и процессы рассеяния энергии.

Для проведения эксперимента использовались следующие исходные данные: физико-механические свойства заготовки «основания рубанка», схема базирования и закрепления, реализуемая в станочном приспособлении для закрепления заготовки, технические характеристики инструмента, рассчитанные режимы обработки.

На первом этапе математического эксперимента определяется прогнозируемая величина упругих отжатий в зависимости от приложенной силы резания и от положения режущего инструмента (фрезы) относительно обработанной поверхности маложесткой детали. Выявленная величина упругих отжатий используется в качестве исходных данных для проверки различных способов управления точностью линейного размера (толщины стенки) и погрешности формы (отклонение от плоскостности).

В условиях математического эксперимента проверяются три способа управления:

а) Предварительное предискажение плоской поверхности основания рубанка на установленную величину упругих отжатий посредством внешней нагрузки, осуществляемое при по-

мощи станочных приспособлений (винтовых механизмов) на стадии подготовки заготовки к обработке. Для обеспечения предискажения плоской поверхности должны прикладываться две внешних силы таким образом, чтобы обеспечить деформацию профиля по определенному закону (рис. 1а).

б) Управление величиной упругих отжатий в процессе обработки посредством внешней нагрузки приложенной к заготовке и обеспечивающей предискажение профиля. После закрепления детали внешняя нагрузка прикладывается с одной стороны заготовки и во время обработки ее величина будет изменяться нами в зависимости от величины упругих отжатий меняющихся по длине заготовки (рис. 1б).

в) Управление упругими отжатиями с помощью предварительного изменения наклона фрезы. Перед началом обработки режущий инструмент (фреза) устанавливается под небольшим углом относительно обрабатываемой плоскости заготовки. В результате изменяется геометрия процесса резания, равномерность снятия припуска по ширине заготовки и величины сил резания. Величина снимаемого припуска будет иметь максимальное значение в тех частях заготовки, где наблюдаются максимальные упругие отжатия (рис. 1в).

Данные, полученные при проведении математического моделирования в среде Cosmos-DesingnStar 3.0, будут использованы в дальнейшем при сравнении с данными физического эксперимента, и позволят выбрать оптимальный способ управления упругими отжатиями и снизить погрешность обработки тонкостенных деталей.

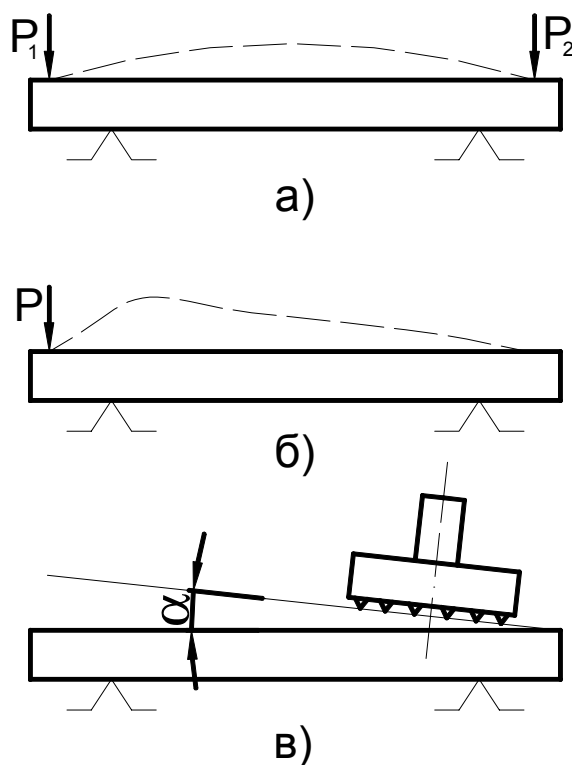


Рисунок 1 – Принципиальные схемы методов управления:

- а) двумя внешними силами;
- б) одной силой в процессе резания;
- в) наклоном фрезы

МЕТОДЫ ЗАЧИСТКИ ЗАУСЕНЦЕВ

Куранов А. В. - магистрант гр. МТАП-91

Щербаков Н.П. – к.т.н., профессор, Ситников А. А. – к.т.н., доцент

Начиная с 90-х годов в мире ужесточаются требования по экономическим и экологическим характеристикам к двигателям внутреннего сгорания. Один из путей решения этой проблемы создать в топливном насосе высокого давления более высокое давление. Теория, а затем и практика, показывают, что это повысит мощность двигателя и снизит выбросы в атмосферу, при этом уменьшается и расход топлива.

Решение этой проблемы связано со следующими сложностями.

При сверлении топливоподводящего отверстия образуются заусенцы, которые при повышении давления отрываются и заклинивают насос. Попытки исключить это путём развёртывания, зенкерования и доводки лишь добавили новую проблему. При проверке пробной партии детали обнаружили вырывы, раковины, вследствие чего насосы не проходят испытания по гидроплотности.

Решить эту задачу можно двумя способами:

- 1) Метод, исключаящий появление заусенцев в отверстии (лазерная обработка, либо применение специальных оправок).
- 2) Непосредственное удаление заусенцев (механическая обработка, электрохимическая, термическая либо обработка свободным абразивом)

Первый метод отличается от второго резким увеличением стоимости обработки и требованием дополнительных исследований. Второй метод вполне осуществим, но решать проблему необходимо комплексно.

На начальном этапе необходимо сформировать базу данных внести в нее все особенности каждого из методов разработать процедуры ввода, вывода и поиска. Предусмотреть процедуру постоянного обновления базы.

Составив базу данных и проанализировав весь материал, выделим четыре наиболее пригодных вида обработки для нашего случая это: электрохимическая, химическая, гидроабразивная и термическая обработка. Все эти методы характеризуются высокой производительностью, способностью обрабатывать мелкие отверстия, высокой степенью автоматизации и простотой реализации.

Другой выход из этой ситуации - это изменения конструкции узла плунжерной пары, однако это не желательно, так как это повлечет изменение конструкции топливного насоса и технологии его изготовления.

Решение этой проблемы позволит выйти Алтайскому заводу топливных насосов на международный стандарт Евро2 и приступить к освоению стандарта Евро3. Обостряет проблему то, что главный конкурент Алтайского завода, Ярославский завод топливных насосов освоил стандарт Евро3 и на последних выставках уже продемонстрировал действующий двигатель, оснащенный таким насосом.

СИСТЕМА ПОВЕРОЧНЫХ РАСЧЕТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИИ

Мостовая Я. Г. – магистрант гр. МТАП-91

Леонов С.Л. – к.т.н., профессор

Одно из прогрессивных направлений развития технологии машиностроения является повышение качества принятия проектных решений.

Система поверочных расчетов направлена на повышение качества проектирования технологических задач, ее взаимосвязь с входными и выходными данными представлена на рисунке.

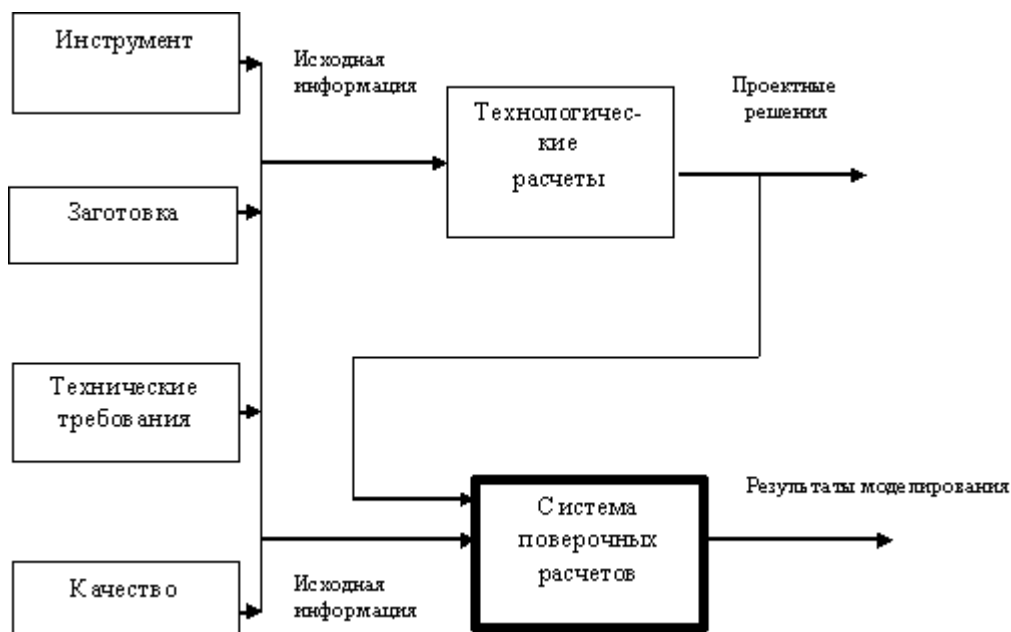


Рисунок – Место системы поверочных расчетов в технологической подготовке производства.

Используя исходные данные и полученные проектные решения, система поверочных расчетов позволяет проверить возможность получения заданных параметров качества детали. В технологии машиностроения существуют традиционные методы проектирования технологических операций. По заданным параметрам заготовки, инструмента, техническим требованиям «вручную» производятся технологические расчеты. Результатом технологических расчетов являются проектные решения, например режимы резания. Имея более точные исходные данные и полученные проектные решения, система поверочных расчетов позволяет повысить качество проектного решения, используя имитационное моделирование технологических операций.

Система поверочных расчетов представляет собой базу данных имитационных моделей технологических операций, каждая из которых является самостоятельной подсистемой, которая производит моделирование технологических операций. Имитационное моделирование позволяет произвести расчеты с заданными технологическими параметрами и дать сравнительную оценку принятых решений.

Система поверочных расчетов является открытой и развивающейся системой и имеет возможность включать в себя, по мере развития, новые имитационные модели для решения технологических задач различного назначения.

Необходимым требованием при использовании системы поверочных расчетов является высокая точность исходных данных. Не имея точных и достоверных исходных данных, теряется смысл имитационного моделирования и системы поверочных расчетов в целом, т. к. если на входе имеются неточные исходные данные, то в результате моделирования говорить о повышении качества принятия проектных решений не приходится.

На данный момент система поверочных расчетов включает в себя следующие имитационные модели:

- модель круглого наружного врезного шлифования;
- модель по определению автоколебаний при точении;
- модель скоростного резания.
- модель бесцентрового шлифования (разрабатывается).

Все модели по заданным параметрам заготовки, инструмента и режимам резания позволяют рассчитать параметры качества обработанной поверхности детали.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕСЦЕНТРОВОГО ШЛИФОВАНИЯ

Мостовая Я. Г. – магистрант гр. МТАП-91

Щербаков Н. П. – к.т.н., профессор

В настоящее время совершенствование абразивной обработки ведется с целью получения наибольшей производительности, точности обработки и качества обработанной поверхности.

Благодаря высокой производительности, достижению необходимого качества изделий, легкости автоматизации станков и их включения в автоматические линии и потоки бесцентровое шлифование стало основным финишным процессом обработки деталей типа тел вращения в массовом и крупносерийном производстве. Это – один из прогрессивных технологических процессов.

Для эффективного использования возможностей бесцентровой шлифовальной обработки, необходимо правильно подобрать режимы обработки, оборудование, СОЖ и другие необходимые технологические параметры процесса шлифования. Процесс шлифования имеет следующие особенности:

- беспорядочное расположение огромного количества мельчайших зерен на рабочей поверхности шлифовального круга;
- разновысотность шлифующих зерен у круга;
- разнообразная (неправильная) геометрическая форма шлифующих зерен и наличие у них округленных (сферических) вершин, обеспечивающих, как правило, отрицательные передние углы резания отдельными зернами;
- особые свойства режущих элементов – шлифующих зерен – высокая твердость, термоустойчивость, острота, хрупкость, способность разрушаться по плоскостям спайности и др.
- высокие окружные скорости микрорезания и малые глубины резания каждым шлифующим зерном, обеспечивающие мгновенное снятие огромного количества стружек в единицу времени и интенсивное скольжение о материал в момент, предшествующий их врезанию и началу микрорезания;
- динамическое воздействие каждого шлифующего зерна на обрабатываемый поверхностный слой, способствующее мгновенному повышению температуры микрорезания. В связи с этим при снятии отдельных стружек зернами круга большое значение приобретают тепловые явления и силы трения.

Для учета всех вышеперечисленных факторов при проектировании операции бесцентрового шлифования целесообразно использовать имитационное моделирование, которое заключается в прогнозировании микропрофиля обработанной детали, по которому параметры шероховатости.

При моделировании бесцентрового шлифования предлагается использовать имитационный подход, который заключается в следующем:

- съем металла (формирование стружки) происходит за счет взаимодействия абразивных зерен с шероховатой поверхностью заготовки;
- профиль обработанной поверхности формируется за счет наложения профилей зерна на исходный профиль поверхности заготовки с учетом упруго-пластических деформаций металла;
- координаты режущих зерен и их профиль являются случайными параметрами, которые зависят от геометрии зоны контакта, режимов резания и характеристики инструмента.

Данная программа может быть использована в составе САПР, как подсистема, разрабатывающая рекомендации по выбору характеристик абразивного инструмента и режимов резания, а также для проведения поверочных расчетов, для оценки правильности принятых решений при технологическом проектировании.

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ РЕЗЦОВ ДЛЯ СИЛОВОГО РЕЗАНИЯ.

Полудённый А.В. - магистрант гр. МТАП-91
Хоменко В.А. – д.т.н., профессор

К настоящему времени в машиностроении для обеспечения условий обработки материалов резанием, разработаны, созданы и эффективно используются различные конструкции и технологии изготовления режущих инструментов. Однако для таких отраслей машиностроения как тяжёлое, энергетическое, транспортное и другие, характеризующихся тяжёлыми условиями механической обработки, проблема создания и разработки конструкций и технологии изготовления режущих инструментов стоит остро.

Особенно остро стоит вопрос с повышением прочности инструментов для силового резания, где ресурсы их используются лишь на 10-20% из-за поломок твёрдосплавной пластины. Происходит это в основном из-за образования трещин в твёрдом сплаве, возникающих вследствие возникновения напряжений в металле, что приводит к разрушению твёрдого сплава.

Наибольшее использование получили два способа закрепления пластины твёрдого сплава.

Пайка твёрдосплавной пластины широко используется в машиностроении. Основной причиной возникновения паяльных напряжений является различное объёмное изменение материалов пластинки и корпуса в процессе нагрева и охлаждения. Объёмные изменения происходят как вследствие различия коэффициентов температурного расширения, так и вследствие структурных превращений происходящих в стали при охлаждении.

Инструменты оснащённые сменными многогранными пластинами (СМП) с механическим креплением к державке, широко распространены в следствии их преимуществ по сравнению с твёрдо сплавными инструментами составной конструкции, у которых пластины с державкой соединены пайкой. К преимуществам инструментов, оснащённых многогранными пластинами, следует отнести следующие:

- повышение прочности лезвия из-за отсутствия внутренних напряжений, возникающих при пайке;

- повышение надёжности и долговечности, так как опорная поверхность под пластиной в корпусе инструмента может иметь высокую твёрдость. В этом случае корпус инструмента может быть использован для крепления в нём до 100 пластин;

- экономия стали в следствии многократного использования корпуса инструмента.

Основные недостатки инструмента с СМП следующие:

- недостаточная жёсткость соединения твёрдосплавной пластины с корпусом;

- высокая стоимость твёрдосплавного режущего инструмента.

Одним из перспективных направлений создания и разработки твёрдосплавных токарных резцов для силового резания основанный на диффузионном процессе, протекающем на границе раздела «твёрдое тело - жидкий металл» Способ исключает предварительную сложную механическую обработку. Диффузионный процесс позволяет увеличить температурную стойкость резца, что, в свою очередь, способствует увеличению срока службы инструмента. Сочетание диффузии и литья под давлением позволяет получить резцы всевозможных форм и типоразмеров.

По данной технологии создан и испытан резец с диффузионным соединением. Испытания проводились на заводе «Алтайвагон» и были успешными.

Таким образом, проблема создания и разработки конструкций и технологии изготовления твёрдосплавных токарных резцов для силового резания является актуальной. Её актуальность особенно возрастает в связи с расширяющимся использованием в современном производстве станков с ЧПУ, для которого стабильность и надёжность функционирования режущего инструмента является одним из главных показателей.

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ САПР ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Полудённый А.В. – магистрант гр. МТАП-91

Щербаков Н.П. – к.т.н., профессор

Современные конструкции машин предъявляют повышенные требования к качеству обработанной поверхности, точности размеров, шероховатости. Добиться этого можно, в том числе, улучшив качество механической обработки. Для этого создаются новые станки с повышенной точностью обработки, высокими скоростями резания, повышенной жесткостью. Данные станки потребовали создание инструментов, которые, смогли бы работать при высоких температурах в зоне резания, обеспечивая заданное качество детали.

САПР является высокоинтеллектуальной системой, предназначенной для освобождения технологов от рутинного труда при разработке ТП и составлении управляющих программ для станков с числовым программным управлением.

Начинать проектирование следует имея перед собой конструкторский чертеж детали. Конечным результатом работы САПР является получение распечатки ТП, управляющей программы и карты наладки на обработку. На магнитном диске ЭВМ остаются также текстовые файлы с управляющими программами и бланками.

Структурно САПР состоит из базы знаний, базы данных, информационной модели ТП, планировщика и исполняющей системы.

Получение таких конструкций инструментов связано, не только с созданием новых инструментальных материалов, но и с выбором оптимальных геометрических параметров инструмента. Расчет этих геометрических параметров производится по сложным зависимостям, включающим множество коэффициентов которые можно варьировать, получая различные варианты геометрии режущего инструмента.

Расчет геометрии режущего инструмента трудоемкий, монотонный, занимает много времени, что в условиях современного производства не допустимо, но он поддается алгоритмизации. Данное обстоятельство позволяет применить САПР.

При современном уровне развития вычислительной техники и программного обеспечения преимущества расчета режущих инструментов с помощью САПР очевидны - это

–возможность сразу после расчета получить не набор рассчитанных параметров, а готовый чертеж инструмента с последующим выводом его на печать;

–возможность, многократного расчета параметров режущего инструмента варьируя входными данными, с целью нахождения оптимальной геометрии режущей части;

–существенное сокращение времени расчета режущего инструмента и избавления конструктора от монотонных расчетов.

САПР позволяет существенно сократить время расчёта геометрических параметров режущего инструмента, что повышает точность обрабатываемой поверхности, точность размеров, шероховатость.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОТДЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ

Филиппов А. Н. - магистрант гр. МТАП-91

Аскалонова Т. А. – к.т.н., доцент

Широкое использование дизелей связано с их высокой экономичностью и низкой токсичностью по сравнению с бензиновыми двигателями. В настоящее время – это форсированные дизели, работающие в больших интервалах скоростных и нагрузочных режимов. Их энергетические и массовые показатели сблизились с аналогичными показателями бензиновых двигателей, они имеют высокий моторесурс и надежность работы.

Наиболее сложной системой дизеля является система питания (на ее долю приходится до 60% неисправностей). Качество рабочего процесса, а в итоге технико-экономические показатели дизелей, существенно зависят от того, как и когда подается топливо, как оно распыляется по объему камер сгорания. В автомобильных и тракторных двигателях топливо подается от топливного насоса высокого давления (ТНВД) через топливопровод к форсунке.

Топливный насос (насос высокого давления) служит для подачи в цилиндры двигателя точно отмеренных порций топлива в определенный момент времени и под высоким давлением. Топливный насос состоит из секций, основным рабочим органом которой является плунжерная пара. Плунжерная пара состоит из втулки и перемещающегося внутри нее плунжера. К качеству изготовления плунжера предъявляются высокие требования: твердость используемой стали (ШХ15) $HRC > 60$, параметры шероховатости цилиндрических поверхностей $R_a \leq 0.04$ мкм, отклонения от цилиндрической формы не более 0.001 мм, некруглость не должна превышать 0.0005 мм, конусность – 0.0006 на длине 20 мм рабочей поверхности.

Как показали исследования, изготовление плунжеров на заводах Алтайского края имеет ряд проблем: снижение твердости обрабатываемой стали, появление прижогов при шлифовании торцов плунжера, высокие отклонения от круглости, и наличие огранки при бесцентровом шлифовании рабочей цилиндрической поверхности. Это приводит к большим экономическим потерям, связанных с высоким процентом бракованных деталей и низким качеством готовых изделий. Результатом является низкая конкурентная способность продукции.

Анализ и патентная проработка отечественных и зарубежных источников показывают, что существует несколько подходов к решению этой проблемы. Это и выбор способа шлифования, и проектирование шлифовального инструмента, обеспечивающего условие прерывистой обработки, и подбор характеристик абразивного материала и режимов резания. В представленной работе осуществляется поиск оригинальных конструкций шлифовальных кругов с использованием методологии системно-поискового проектирования.

Использование новых способов обработки и инструмента позволит получить необходимое качество готовых изделий, снизить затраты на производство, повысить производительность, значительно сократить количество бракованных деталей.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАНА ВЫПУСКА ИЗДЕЛИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ МЕТОДОМ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Хоменко А.А. – магистрант гр. МТАП– 92
Маркова М.И. – к.т.н., доцент

Линейное программирование – это наука о методах исследования и поиска наибольших и наименьших значений линейной функции, на неизвестные которой наложены линейные ограничения. Таким образом, задачи линейного программирования относятся к задачам на условный экстремум функции. Казалось бы, что для исследования линейной функции многих переменных на условный экстремум достаточно применить хорошо разработанные методы математического анализа, однако невозможность их использования можно довольно просто проиллюстрировать.

Трудности, возникающие при решении задач математического программирования, зависят: от вида функциональной зависимости, связывающей целевую функцию с элементами решения, от "размерности" задачи, то есть от количества элементов решения x_1, x_2, \dots, x_n и от вида и количества ограничений, наложенных на элементы решения.

Среди задач математического программирования самыми распространенными являются задачи линейного программирования. Характерно для них то, что: показатель эффективности – целевая функция линейно зависит от элементов решения x_1, x_2, \dots, x_n и ограничения, налагаемые на элементы решения, имеют вид линейных равенств или неравенств относительно x_1, x_2, \dots, x_n .

Такие задачи довольно часто встречаются на практике, например, при решении проблем, связанных с распределением ресурсов, планированием производства, организацией работы

транспорта и т.д. Это и естественно, так как во многих задачах практически "расходы" и "доходы" линейно зависят от количества закупленных или утилизированных средств (суммарная стоимость партии товаров линейно зависит от количества закупленных единиц; оплата перевозок производится пропорционально весам перевозимых грузов и т.д.)

Для выполнения плана выпуска изделий, приносящих максимальную прибыль при ограничении по времени эксплуатации оборудования и потребностью выпускаемой продукции можно воспользоваться графоаналитическим методом линейного программирования.

Разработанный алгоритм позволяет найти оптимальное решение достаточно быстро и наглядно.

Из геометрической интерпретации задачи линейного программирования вытекает следующий порядок ее решения.

1. С учетом системы ограничений строится область допустимых решений.
2. Откладывается произвольная линия уровня $F(x)$.
3. Линия уровня $F(x)$ перемещается параллельно сама себе до тех пор пока не будет касаться области допустимых решений в ее крайнем положении. Причем крайнее положение должно соответствовать максимальному значению функции $F(x)$ в области допустимых решений.
4. По искомому значению целевой функции $F(x)$ определяется оптимальный план выпуска изделий.

Область допустимых решений системы неравенств может принимать различные формы, что в свою очередь может повлиять на значение целевой функции и оптимальный план выпуска. К примеру, при несовместимой системе ограничений задача не имеет решений, при открытой области допустимых значений может возникнуть ситуация когда значение целевой функции стремится к бесконечности.

Оптимальное значение целевой функции может определяться строго фиксированным значением, если максимум лежит на пересечении нескольких ограничений, либо множеством значений, если функция цели совпадает с одним из ограничений.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ СБОРНЫХ ЧЕРВЯЧНЫХ ФРЕЗ

Черданцев П.О. – магистрант гр. МТАП-91
Щербаков Н.П. – к.т.н., профессор

Червячные фрезы, как известно, являются материал- и трудоёмким инструментом. Наиболее перспективным решением этой проблемы является использование червячных фрез сборных конструкций.

При этом сокращается расход инструментального материала как непосредственно, так и за счёт многократного использования корпуса фрезы. Также решается проблема получения заготовок из быстрорежущей стали больших размеров, обладающих низким баллом карбидной неоднородности. Кроме того, использование сборных конструкций червячных фрез даёт возможность широкого применения твёрдых сплавов и сверхтвёрдых материалов.

Следует отметить, что некоторые конструкции сборных червячных фрез позволяют улучшить технологичность шлифования профиля, улучшить заточку и увеличить задние углы.

Однако сборные червячные фрезы всё же менее технологичны, а, следовательно, более трудоёмки по сравнению с цельными конструкциями. Это связано, прежде всего, с высокими требованиями к точности обработки посадочных мест корпусов и режущих элементов.

Кроме этого, имеется ряд других недостатков. Во-первых, число зубьев у сборных червячных фрез в большинстве случаев меньше чем у цельных тех же модуля и размера. Это объясняется конструктивными соображениями – требованиями обеспечить необходимую толщину как новых, так и переточенных ножей, наличием крепёжных элементов. Из-за этого ухудшаются условия резания, уменьшается количество резцов, формирующих зуб колеса, что увеличивает его огранку. Обычно для решения этой проблемы идут по пути увеличения диаметра фрезы по сравнению с цельной конструкцией.

Во-вторых, на качество нарезаемого зубчатого колеса отрицательно влияют относительно низкая жёсткость и погрешности сборки червячных фрез.

К недостаткам можно отнести и большое разнообразие конструкций режущих элементов. Из-за этого сборные червячные фрезы остаются узко специализированным инструментом, применяемым в основном в крупносерийном и массовом производствах, в частности в автомобилестроении.

Однако перечисленные недостатки не означают бесперспективность использования сборных червячных фрез. Напротив, они указывают основные пути совершенствования их конструкции.

На основе анализа современных конструкций к таким направлениям можно отнести:

- повышение технологичности за счёт применения поворотных реек;
- унификация режущих элементов.
- повышение технологичности и точности сборки за счёт применения специальных приспособлений;
- затылование по окружности;
- разработка жёстких в осевом и радиальном направлениях конструкций;
- повышение жёсткости системы за счёт увеличения диаметра оправки;
- разработка более компактных конструкций крепёжных узлов.

Итак, сборные червячные фрезы, не смотря на имеющиеся недостатки, являются перспективным направлением развития червячных фрез в целом. Более высокая трудоёмкость их изготовления должна и может окупаться за счёт экономии инструментальных материалов в случае создания удачных конструкций фрез в соответствии с указанными направлениями.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Филиппов А. Н. - магистрант гр. МТАП-91
Щербаков Н. П. – к.т.н., профессор

В настоящее время возрастают требования к качеству деталей машин. Это приводит к повышению требований на режущий инструмент, причем как технологических так и экономических. Вследствие чего идет интенсивное развитие инструментального производства. Направления этого развития очень разнообразны, к ним в частности относятся: совершенствование конструкции режущего инструмента, технологии его изготовления, автоматизация процессов проектирования и производства инструмента.

В области производства режущего инструмента стремятся усовершенствовать методы получения заготовок с целью экономии инструментального материала, предложен метод гидродинамического выдавливания при получении заготовок для составного инструмента и другие методы быстрого получения заготовок.

В области автоматизации наблюдаются тенденции к созданию комплексных информационных систем предприятия, которые позволят создать автоматизированную систему управления предприятием и как следствие повысить качество режущего инструмента. Такая система позволит увеличить эффективность инструментального производства за счет:

- 1.Анализа причин брака
- 2.Анализа загруженности производственных участков
- 3.Прогноза потребности материалов
- 4.Прогноза брака
- 5.Прогноза потребления энергии

Интенсивно внедряются специальные автоматизированные системы контроля жизненного цикла инструмента. Так шведская инструментальная фирма “Сандвик” предлагает систему, которая позволит прослеживать весь жизненный цикл инструмента с момента его производства до момента утилизации. Вследствие такого контроля выявляют сильные и слабые стороны режущего инструмента и намечаются пути совершенствования конструкции, технологии изготовления, способов использования.

Подобные системы не только повышают эффективность использования режущего инструмента, но и способствуют повышению его качества и снижению затрат на изготовление и эксплуатацию инструмента.

ПОДСЕКЦИЯ «ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»

РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ПРИВЕДЕННЫХ ЗВЕНЬЕВ ДИНАМИЧЕСКИХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Воронина Е.А. – магистрант гр. МТАП–92
Панов А.А. – к.т.н., доцент

Важнейшей задачей этапа технологической подготовки производства является обеспечение заданной точности изделия при сборке. Это достигается, в частности, выбором соответствующего метода достижения точности замыкающих звеньев размерных цепей. Задачи расчета размерных цепей могут быть статическими и динамическими. Статические задачи решаются без учета факторов, влияющих на изменение размеров во времени, динамические – с учетом. В соответствии с этим размерные цепи следует также разделять на статические и динамические, а в составе динамических размерных цепей следует выделять звенья статические и динамические. Погрешность замыкающего звена динамических размерных цепей следует разделять на статическую и динамическую составляющие.

Существует обширный комплекс задач, в которых изменение во времени параметров замыкающих звеньев обусловлено самой конструкцией машины. Например, в зубчатых передачах величина бокового зазора зацепления изменяется при вращении колес, поскольку делительные цилиндры имеют радиальное биение относительно осей вращения. Динамическая составляющая погрешности замыкающего звена определяется в этом случае величинами несоосностей поверхностей и угловой скоростью их вращения. Величина каждого из динамических звеньев при вращении меняется по синусоидальному закону. Если угловые скорости звеньев при этом одинаковы, то результирующая величина, то есть, динамическая составляющая общей погрешности, будет также синусоидальной величиной, амплитуда которой равна векторной сумме составляющих амплитуд. Однако угловые скорости отдельных составляющих в общем случае различны. Для определения величины динамической составляющей погрешности замыкающего звена отдельные динамические звенья необходимо объединить в группы с равными угловыми скоростями, то есть, в приведенные звенья. В этом случае каждое звено будет замыкающим звеном производной размерной цепи с непараллельными звеньями и передаточными отношениями, определяемыми углами относительного фазового сдвига.

Динамическая составляющая погрешности замыкающего звена не может быть компенсирована изменением величины статических звеньев. Изложенные выше принципы структуризации общей погрешности позволяют выявить возможные пути сокращения погрешности динамических звеньев и повышения точности собираемых изделий.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ДЕФОРМИРУЮЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Зюбина О.А. - аспирант

Одним из показателей качества прессовых соединений тонкостенной втулки с корпусом является точность обработанного отверстия. В свою очередь, на точность отверстия влияет множество различных факторов, в том числе, и форма рабочего профиля деформирующего инструмента.

При обработке тонкостенных втулок пластическим деформированием возникают вопросы, связанные с определением предельных размеров дорнов, обеспечивающих получение размеров деталей в поле допуска на их изготовление.

Увеличенный диаметр дорна приводит к получению деталей с неисправимым браком. Уменьшение размера дорна ниже наименьшего предельного приведет к тому, что размеры обработанных отверстий будут располагаться ниже наименьшего предельного отверстия. При

получении же отверстий, равных наименьшему предельному диаметру детали, срок работы деформирующего инструмента, связанный с износом, будет чрезвычайно малым. Поэтому правильное назначение размеров элементов деформирующих инструментов должно обеспечить их наибольшую работоспособность.

В работе были рассмотрены особенности обработки дорнованием тонкостенных втулок, установленных в корпус с натягом или с зазором. Размеры отверстий втулок колебались в пределах поля рассеивания от $2r_{з\max}$ до $2r_{з\min}$,

где $r_{з\max}$ и $r_{з\min}$ – максимальный и минимальный радиусы отверстий деталей данной партии.

Допуск размеров внутреннего диаметра до обработки:

$$2\delta r_z = 2r_{з\max} - 2r_{з\min} = 2(r_{з\max} - r_{з\min}) \quad (1)$$

Дорнование втулок должно обеспечить получение размеров отверстий, находящихся в поле допуска в пределах $2\delta r_d$.

$$2\delta r_d = 2r_{d\max} - 2r_{d\min} = 2(r_{d\max} - r_{d\min}) \quad (2)$$

где $r_{d\max}$ и $r_{d\min}$ - максимальный и минимальный радиусы отверстий деталей после дорнования.

С достаточной степенью точности можно считать, что

$$r_{дорн\max} = r_{d\max} + (\delta r_1)_{1д\min} + (\delta r_1)_{1корп\min} \quad (3)$$

где $(\delta r_1)_{1д\min}$ - минимальная абсолютная упругая радиальная деформация обрабатываемой детали;

$(\delta r_1)_{1корп\min}$ – минимальная абсолютная упругая радиальная деформация корпуса.

Относительно диаметра, выражение (3) примет вид:

$$d_{дорн\max} = d_{d\max} + 2(\delta r_1)_{1д\min} + 2(\delta r_1)_{1корп\min} \quad (4)$$

Разность упругих деформаций при дорновании тонкостенных втулок в корпусе дает допуск радиуса отверстий при обработке данной партии:

$$\delta (\delta r_1)_{1д} = (\delta r_1)_{1д\max} - (\delta r_1)_{1д\min} \quad (5)$$

$$\delta (\delta r_1)_{1корп} = (\delta r_1)_{1корп\max} - (\delta r_1)_{1корп\min} \quad (6)$$

Увеличение точности отверстий, обработанных дорнованием, в данном случае оценивается коэффициентом уточнения

$$K_T = \Delta r_d / \delta r_z \quad (7)$$

$$\text{где } \Delta r_d = \delta (\delta r_1)_{1д} + \delta (\delta r_1)_{1корп} \quad (8)$$

В результате преобразований было получено выражение для определения минимального диаметра дорна:

$$d_{дорн\min} = d_{дорн\max} + 2[\delta (\delta r_1)_{1д} + \delta (\delta r_1)_{1корп}] - 2\delta r_d \quad (9)$$

Величина наименьшего предельного диаметра дорна не зависит от величины допуска на изготовление детали, но она оказывает большое влияние на величину допускаемого износа дорна.

Значительное влияние на эту величину также оказывают абсолютные упругие деформации материала втулки и корпуса. С увеличением допуска абсолютных величин упругих деформаций значение допускаемого износа дорна уменьшается. При расчетах предельных размеров дорна по предложенным формулам величины абсолютных упругих деформаций втулки выбирают по соответствующему графику, а для корпуса – определяют по приведенным выражениям.

Предлагаемая методика позволяет рассчитать предельные размеры дорнов с большой степенью точности, а также, правильно назначить допуск на износ.

В целях автоматизации процесса расчета и сокращения рабочего времени инженера была специально разработана компьютерная программа, включающая ввод необходимых исходных данных, непосредственную их обработку и вывод конечных результатов.

ПРОГРЕССИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ РАСТОЧНОГО ИНСТРУМЕНТА

Ильченко Е.В.- студент гр. ТАП-94
Марков А.М.-д.т.н. профессор

Одной из ответственных операций ТП изготовления корпусных деталей является обработка главных отверстий, т.е. отверстий под подшипники, валы, и т.д. 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 $Ra=0,63\div 0,063$ 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 усложняет задачу выбора конструкции расточного инструмента и требует разработки автоматизированной системы проектирования.

Наиболее компактной формой хранения информации об известных технических решениях с возможностью синтеза новых является И-ИЛИ-граф. [Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. - М.: Машиностроение, 1988.-368 с., ил.]

Сущность метода синтеза решений на И-ИЛИ-графе заключается в том, что информацию об известных технических решениях (прототипах) представляют в виде “связанного графа” типа “дерево” не содержащего циклов и петель. Вершинами 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”, а на их основе строятся конструктивно-функциональные структуры.

Третий этап разработки И-ИЛИ - графа связан с построением И-дереьев 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. Эти конструкции 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. Синтезирование "новых" технологических решений возможно 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: "Хвостовик", "Корпус", "Резцы", "Крепежная часть", "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.

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.

Дальнейшая работа будет направлена на формирование модели оценки технологических решений и их проверку на патентную чистоту.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПРИНУДИТЕЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Литовченко А.Н. – студент гр. ТМ – 13
Фёдоров В.А. – к.т.н., старший преподаватель

Метод принудительных отношений является одним из наиболее простых в применении способов расширения области поиска решений при техническом творчестве. Сущность метода состоит в расчленении изучаемого объекта на элементы с последующим попарным сопоставлением элементов и фиксацией возникающих мысленных ассоциаций. В заключение работы с методом выбираются, классифицируются и оцениваются приемлемые решения. Качество получаемых решений зависит прежде всего от творческой подготовленности проектировщика, оригинальности его мышления, умения использовать аналогии и ассоциации. При-

менению метода предшествуют тщательный анализ и формулировка задачи поиска решения. Завершают работу отбор рациональных идей и их конструкторская проработка.

Описанный метод был применен при совершенствовании процесса сверления отверстий на токарных станках. При этом учитывалось, что если сверление отверстий диаметром 8...20 мм в деталях из вязких материалов производится спиральными свёрлами на глубину 60...120 мм, то высока вероятность забивания стружечных канавок стружкой. Это явление может привести к заклиниванию и поломке сверла, ухудшает шероховатость и точность формы обрабатываемого отверстия, нарушает равномерный отвод тепла из зоны резания. Сверление с периодическими выводами сверла приводит к значительному увеличению времени обработки. Указанные недостатки затрудняют обработку отверстий в автоматическом режиме.

Анализ процесса удаления стружки при сверлении спиральными свёрлами показал, что забивание стружечной канавки стружкой происходит из-за нарушения процесса её перемещения к хвостовику под действием сил резания, гравитации, трения о поверхность канавки и обрабатываемого отверстия. В процессе поиска решений были выделены следующие элементы спирального сверла: канавка, спираль, спиральная канавка, режущая кромка, ленточка, шейка, хвостовик, спинка зуба, передняя поверхность, задняя поверхность, перемычка, лапка, конус Морзе. Парные сочетания элементов дали ряд перспективных идей. По мнению авторов наиболее перспективным для решения проблемы удаления стружки стало решение, разработанное из комбинации элементов «спираль - спиральная канавка». Возникла идея удалять стружку принудительно с помощью гибких спиральных пружин, вводимых в обрабатываемое отверстие в канавках сверла и приводимых в действие вращением при помощи встроенного в устройство электропривода. Для удержания двух спиральных пружин в канавках сверла служит третья, размещённая вокруг рабочей части сверла. При обработке отверстия эта пружина смещается торцом детали к хвостовику сверла. После окончания сверления и вывода режущего инструмента из отверстия занимает исходное положение. В состав устройства входят также электродвигатель и редуктор. Устройство достаточно компактно и может закрепляться как на пиноли задней бабки токарного станка, так и на шейке сверла.

Предлагаемое устройство позволяет выводить стружку из зоны резания принудительно, исключая негативные явления, присущие удалению стружки с самоподачей. Гарантируется дробление удаляемой стружки. Сокращается штучное время на операцию вследствие отсутствия необходимости периодического вывода сверла. Стабилизируется отвод тепла из зоны резания, снижается вероятность поломки инструмента. Перечисленные факторы позволяют рекомендовать применение предлагаемого устройства в автоматизированном производстве. Проведённый патентный поиск не позволил выявить технических решений, подобных предлагаемому, что позволяет сделать вывод о патентоспособности разработанной конструкции.

ВЫБОР РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Неверова Е. Б. – магистрант гр. МТАП – 82.
Балашов А. В. – к.т.н., доцент

В настоящее время все организационные и технические решения, принимаемые при формировании технологической операции, основываются на необходимости достижения требуемого операционного размера. Практические исследования показывают, что такой подход, как правило, приводит к нерациональному распределению затрат по различным этапам технологического процесса, участвующим в обеспечении операционного размера и, как следствие, к неэффективной, с точки зрения экономики, технологической операции. Выход из данного положения видится в обеспечении на стадии проектирования совместного учета точностных и экономических показателей технологического процесса. Совместный учет становится возможным с использованием в ходе проектирования технико-экономических методов, анализ которых позволяет отдать предпочтение методу функционально-стоимостного проектирования (ФСР).

Одним из основных принципов ФСП служит принцип соответствия значимости функций объекта затратам на их реализацию. Если в качестве объекта исследования рассматривать технологическую операцию, то в качестве основной функции объекта будет выступать функция “формообразовать поверхность”. Данная функция выражается через допуск на операционный размер. Реализация основной функции зависит от варианта организации достижения операционного размера. Например, если операционный размер обеспечивается формообразующим движением, то осуществление основной функции зависит от реализации функций: “обеспечить съём материала”; “настроить инструмент” и “установить инструмент”. Каждая из этих функций также выражается через допуски, ограничивающие соответственно размер динамической настройки, размер статической настройки инструмента и размер установки инструмента. При прочих равных условиях, например, равенстве допусков, взаимовлияние данных функций на основную тождественно, поэтому значимость вышеперечисленных функций можно выразить через долю вносимых погрешностей в суммарную погрешность на обработку. Количественная взаимосвязь между значимостью функций и затратами на их реализацию наглядно отражается функционально-стоимостной диаграммой (ФСД), пример которой приведен на рисунке 1. В верхней части диаграммы приводятся относительные величины значимости функций, выраженные через долю вносимых погрешностей W_i в суммарную погрешность на обработку, а в нижней части – относительные величины затрат Z_i , связанные с формированием функций.

Если удельный вес затрат по той или иной функции превышает удельное значение ее значимости, возникает зона дисбаланса (на рис. 1 заштрихованы), которую в ходе проектирования необходимо устранить. ФСД составляются по всей совокупности приемлемых вариантов организации операции.

Вышерассмотренный принцип ФСП может использоваться при принятии организационных и технических решений на таких этапах формирования структуры операции, как выбор варианта достижения операционного размера, выбор технологической оснастки, оптимизации режимов резания и др.

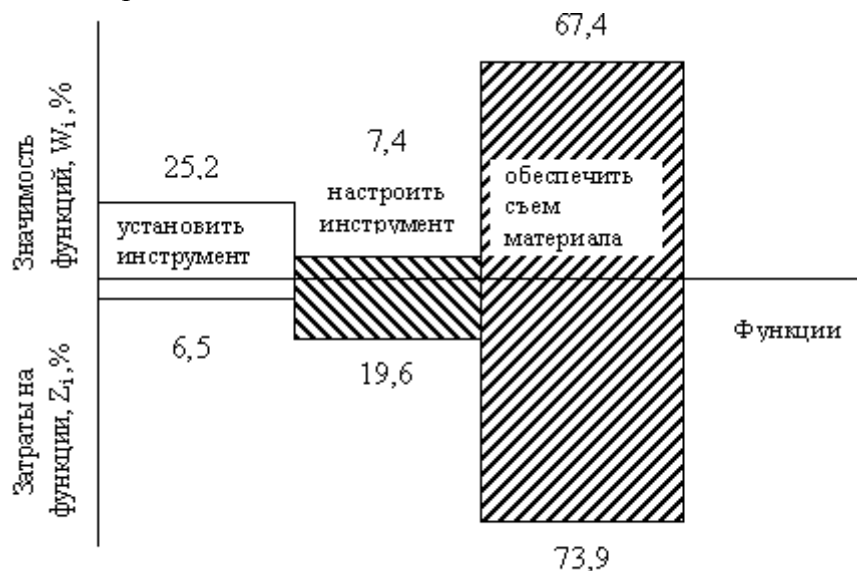


Рис. 1 ФСД для размера, получаемого формообразующим движением

Рассмотрим особенности оптимизации режимов резания с учетом критерия соответствия значимости функций затратам на их реализацию. При рассмотрении данного вопроса следует учитывать, что режимы обработки обуславливают значимость и затраты по функции “обеспечить съём материала”. Поэтому принцип соответствия рассматривается именно для этой функции, однако учет относительных величин значимости функций и затрат на ее осуществление обеспечивается с учетом значений допусков, участвующих в формировании других функций по конкретному варианту.

В качестве исходных данных при оптимизации режимов резания выступают: исходные точностные требования по чертежу детали, требование по стойкости режущего инструмента; база данных по техническим характеристикам оборудования и технологической оснастки; справочные данные для расчета шероховатости, мощности резания, точности обработки, стойкости режущего инструмента; база данных по затратам на реализацию различных этапов технологического процесса, участвующих в формировании операционного размера.

При оптимизации режимов резания используется метод Монте-Карло, поскольку, как показали практические исследования, оптимальные режимы могут находиться либо внутри области допустимых значений, либо на ее границе.

На первом этапе оптимизации формируется массив сочетаний S_i, n_i в пределах:

$$S_{\min} \leq S_i \leq S_{\max}; n_{\min} \leq n_i \leq n_{\max}.$$

На втором этапе определяется область допустимых S_i, n_i с учетом ограничений по мощности, шероховатости, точности и стойкости инструмента.

На следующем этапе определяется минимальный уровень рассогласования значимости $W_{\text{см}}$ функции «обеспечить съем материала» и затрат $Z_{\text{см}}$ на ее реализацию. Функция уровня рассогласования в этом случае будет выглядеть следующим образом:

$$F(S_i, n_i) = | W_{\text{см}}(S_i, n_i) - Z_{\text{см}}(S_i, n_i) |. (1)$$

Составляющие функции определяются

$$W_{\text{см}}(S_i, n_i) = \frac{w_{\text{см}}(S_i, n_i)}{w_{\text{см}}(S_i, n_i) + \sum_{i=1}^{n-1} w_i}, (2)$$

$$Z_{\text{см}}(S_i, n_i) = \frac{z_{\text{см}}(S_i, n_i)}{z_{\text{см}}(S_i, n_i) + \sum_{i=1}^{n-1} z_i}, (3)$$

где $w_{\text{см}}(S_i, n_i)$ – прогнозируемая погрешность динамической настройки;
 n – количество функций, участвующих в формировании суммарной погрешности на обработку;
 w_i – прогнозируемая величина погрешности, обусловленная формированием i – й функции;
 $z_{\text{см}}(S_i, n_i)$ – затраты, связанные с формированием погрешности динамической настройки;
 z_i – затраты, связанные с формированием i – й функции.

Прогнозируемая величина погрешности динамической настройки рассчитывается на этапе проектирования путем моделирования процесса обработки, лежащего в основе технологической операции. Величины w_i, z_i определяются исходя из имеющихся баз данных.

В результате исследований было выявлено, что при отклонении минимального уровня рассогласования в пределах 10% наблюдается наибольшее изменение себестоимости. Это обстоятельство учитывается в последующих этапах оптимизации. Линии уровня, соответствующие минимальному уровню рассогласования (F_{\min}) и уровню $F_{\min} + 0,1F_{\min}$, должны выступать в качестве дополнительных ограничений при дальнейшей оптимизации режимов резания.

Заключительный этап оптимизации осуществляется по одному из критериев: “минимальная себестоимость” или “максимальная производительность”.

Описанный подход к оптимизации режимов резания реализован в среде Mathcad 2001 Professional и позволяет обеспечить совместный учет точностных и экономических показателей технологического процесса в ходе проектирования.

УПРОЧНЯЮЩЕЕ ОБКАТЫВАНИЕ ВАГОННЫХ ОСЕЙ

Нестеров В.С. – студент гр. ТАП-93

Дятчин Н.И. – к.т.н., доцент

К вагонным осям предъявляются чрезвычайно высокие требования в отношении надежности, т.к. поломка может стать причиной тяжелых аварий на железнодорожном транспорте. Особенно опасным с точки зрения усталостного разрушения являются места концентрации напряжений – галтели, обеспечивающие плавный переход между участками оси разного диаметра.

Эффект повышения усталостной прочности наиболее значителен при сглаживающе-упрочняющей обработке путем обкатывания роликами. Неоднородная пластическая деформация при обкатывании галтелей и посадочных мест осей приводит не только к поверхностному упрочнению (наклепу), но и к образованию в поверхностном слое значительных по величине остаточных снимающих напряжений. При этом результаты исследований показывают, что роль упрочнения и остаточных сжимающих напряжений в повышении сопротивления усталости приблизительно равноценна.

При обкатывании за счет высокого давления в поверхностных слоях детали возникают высокие сжимающие напряжения, а параметры шероховатости становятся более благоприятными. За счет этого усталостная прочность осей может повышена на 25-40%.

Обкатывание осуществляется фасонным роликом, радиус которого выбирается несколько меньшим минимального радиуса обкатываемой галтели, а диаметр и режимы обкатывания в зависимости от диаметра обкатываемой шейки устанавливаются экспериментально.

В результате обкатывания создается более благоприятный поверхностный профиль, устраняются мелкие и резкие углубления (надрезы), которые являются концентраторами напряжений и могут стать источниками разрушения.

ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА ГРУППОВОЙ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ

Скворцов Е.Ю. – магистрант гр. МТАП-82

Панов А.А. – к.т.н., доцент

Метод групповой взаимозаменяемости обычно используется для достижения высокой точности малозвенных размерных цепей, например, при обеспечении требуемого натяга в соединениях поршней и пальцев двигателей, при обеспечении требуемого зазора в плунжерных парах топливных насосов дизелей и т.п. Однако теоретически не исключается применение данного метода и для многозвенных размерных цепей. При этом все основные положения расчетных методик для малозвенных цепей автоматически переносятся и на многозвенные.

Анализ методик показал, что реализация метода групповой взаимозаменяемости для многозвенных цепей имеет ряд особенностей в сравнении с малозвенными. Так, считается, что для достижения наибольшего технико-экономического эффекта число групп сортировки должно быть наименьшим. Для многозвенных цепей это понятие следует расширить: число деталей групп должно быть наименьшим. Число деталей, которые подлежат сортировке на группы, может быть различным в зависимости от пути реализации метода:

1. С полной сортировкой. Сортировке на группы подлежат все детали, размеры которых входят в рассматриваемую размерную цепь. В данном случае путь реализации метода идентичен применяемому для малозвенных цепей.

2. С неполной сортировкой. Из сортировки исключаются звенья, размеры которых имеют поля рассеивания существенно меньше допуска на размер замыкающего звена. При этом рассчитанный допуск замыкающего звена уменьшается на суммарную величину допусков исключенных звеньев, и количество групп сортировки может увеличиться, однако число деталей групп может снизиться, что и определяет целесообразность использования данного пути.

3. С приведенными звеньями. Ряд звеньев объединяется в одно приведенное, которое является замыкающим звеном соответствующей производной размерной цепи. Сортировка производится по итоговому размерному параметру, то есть, по размеру приведенного звена. Количество деталей групп при этом может существенно снизиться, однако необходимым условием применения этого приема является физическая возможность соединения деталей в сборочные единицы, устойчивые при транспортировке, погрузке, измерениях.

4. Комбинированный путь (с приведенными звеньями и неполной сортировкой). Данный метод включает все особенности ранее рассмотренных.

Использование описанных приемов при реализации метода групповой взаимозаменяемости позволяет уменьшить число деталей групп и расширить области применения метода.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ АКТИВНОГО КОНТРОЛЯ ПРИ КРУГЛОМ ШЛИФОВАНИИ

Стоцкий А.А. – студент гр. ТМ-04
Лабецкий В.М. – к.т.н., доцент

Одним из наиболее эффективных методов повышения точности обработки деталей является применение средств автоматического активного контроля. Средства активного контроля принято разделять на две основные группы – применяемые после обработки и в процессе обработки. При круглом центровом шлифовании наружных цилиндрических поверхностей используются в основном средства второй группы. Они позволяют вести процесс шлифования непрерывно, обеспечивая его высокую производительность и более высокую точность, так как исключают влияние на получаемый размер износа режущего инструмента, а при дополнительных мерах позволяют компенсировать влияние силовых, тепловых и других факторов технологического процесса.

В настоящее время в качестве измерительных датчиков систем активного контроля при процессах круглого центрового шлифования в силу их специфики применяются почти исключительно устройства контактного типа. При наличии определенных достоинств они обладают рядом существенных недостатков, главные из которых – необходимость периодической подрегулировки, связанной с износом измерительных наконечников, а также сложность или невозможность оперативного перехода к контролю разных поверхностей деталей, что особенно важно при серийных типах производства.

Целью данной работы было поставлено определение возможностей устранения указанных недостатков при круглом шлифовании с помощью бесконтактных средств измерений. Обзор литературных источников на эту тему показал, что наиболее подходящими в данных условиях следует считать средства, работающие по принципу оптической триангуляции с использованием лазерного луча. Они позволяют вести замеры обрабатываемой поверхности в зоне работы шлифовального круга не подвергаясь воздействию неблагоприятных специфических факторов процесса шлифования.

Такое измерительное средство (прибор) размещается на специально предусмотренных для этой цели поперечных салазках станка и подводится к детали с помощью следящего привода по программе УЧПУ. Настройка измерительной системы производится по эталонной детали, установленной в центрах станка, путем фиксации сигналов прибора при его последовательном подводе к соответствующим поверхностям эталона. В моменты подачи прибором сигналов данные о координатах положения салазок от датчиков обратной связи следящего привода автоматически заносятся в оперативную память устройства управления и в дальнейшем используются в программе управления станком. Для нейтрализации влияния деформаций технологической системы под действием силовых и температурных факторов в программе управления предусматривается коррекция положения салазок. Она выполняется путем систематического внесения поправок в координату положения салазок после каждого рабочего элемента цикла. Каждый раз после получения размера и отвода шлифовального круга

прибор вновь подводится к обработанной поверхности до возникновения сигнала (координата фиксируется устройством управления). Разница между координатами от эталонной и обработанной деталей дает величину коррекции. При обработке первой детали координата задается с учетом предполагаемой величины коррекции. В дальнейшем в нее вносятся только поправки. С их помощью становится возможным учесть и постепенное изменение деформаций от затупления круга, от накопления и перераспределения тепла в технологической системе. Такая измерительная система относится к классу саморегулируемых, решающих в комплексе все задачи самонастройки при полном устранении проблемы износа измерительных элементов, характерной для контактных устройств.

КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ПЛОСКОГО ШЛИФОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ И-ИЛИ-ГРАФА

Трялин А.П. – магистрант гр. МТАП–92
Татаркин Е.Ю. – д.т.н., профессор

В настоящее время совершенствование абразивной обработки ведётся с целью получения наибольшей производительности, точности обработки и качества обработанной поверхности. Выбор способов плоского шлифования существенно влияет на точность и качество обработки поверхности. В описании проблемной ситуации часто указывают прототип, который требуется усовершенствовать. Этот исходный прототип обычно приходится брать за основу при поиске улучшенного решения. Кроме этого, рекомендуется выбрать еще один, два дополнительных прототипа, имеющих определенные достоинства по сравнению с исходным. При выборе дополнительных прототипов рекомендуется использовать словари технических функций, международную классификацию изобретений, патентные описания, справочники, техническую литературу и тд.

При разработке и проектировании технического объекта всегда имеет место определенный список требований, которым технический объект должен удовлетворять. Если в таком наборе не будет учтено и выполнено хотя бы одно требование, то в созданном техническом объекте проявится хотя бы один существенный недостаток или он будет неработоспособен. Отсюда следует важность необходимого и достаточного списка требований.

Множество конструкций шлифовальных кругов и методов шлифования затрудняют выбор подходящего способа. Проектирование способов является сложной, многовариантной задачей, связанной с хранением и переработкой большого количества информации. Для более эффективной организации проектирования удобно воспользоваться методом синтеза решений на И-ИЛИ-графе. Анализ литературы и авторских свидетельств дал достаточную информации для построения И-ИЛИ-графа.

Рассмотрен фрагмент И-ИЛИ-графа, конструкций кругов и способов плоского шлифования. В конструкции кругов можно выделить три основных функциональных элемента: круг, рабочая поверхность и наклон к плоскости перпендикулярной оси вращения. Круг шлифовальный может быть цельным – в виде цилиндра или призмы – либо сборным. Сборный круг состоит из определённого количества кругов, с возможностью регулирования осевого зазора и вариантом противоположного вращения. Среди функциональных элементов рабочей поверхности можно выделить форму, поверхность контакта с деталью, наличие упругого элемента, способ приведения в действие и способ фиксации. Поверхность контакта с деталью может быть конической, винтообразной, плоской или рифленой.

Заключение: И-ИЛИ-граф позволяет высокоэффективно проектировать и находить новые оригинальные решения.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ НЕЖЕСТКИХ ВАЛОВ

Ульянов Д.В. - аспирант
Татаркин Е.Ю. - д.т.н., профессор

Проблема формообразования длинномерных валов заключается в получении точности размеров и геометрической формы, что определяет их эксплуатационные характеристики. С уменьшением жесткости заготовок появляются негативные факторы: увеличение упругих отжатий, снижение виброустойчивости процесса обработки и другие вредные явления, которые влияют на точность.

В настоящее время станки с ЧПУ стали основной частью технологических систем, имеют большие технологические возможности, поэтому на них обрабатываются детали весьма широкой номенклатуры. Для решения проблемы обработки длинномерных валов на этих станках предлагают в основном сложные технические решения на базе адаптивных систем управления, которые сложны и дают не самую высокую точность. Возможно обеспечение точности с использованием возможностей заложенных в станке, т.е. получения нежестких деталей на станке с ЧПУ с обработкой по расчетной траектории с удовлетворительной точностью.

Существует формула прогиба вала:

$$y_g = P_y l^3 i(1-i)[2i(1-i) - \gamma(1+i)] / 6EI \quad (1)$$

, где y_g - прогиб вала мкм, P_y - сила резания кг, l - длина заготовки в мм; E - модуль упругости, I - момент инерции, i - точка сечения $0 \leq i \leq 1$.

$$\gamma = \frac{i\epsilon_k - (1-i)\epsilon_z - \frac{K^3}{d}i(1-i^2)}{\epsilon_z + \epsilon_k + \frac{K^3}{3d} + 10^3 l^2 \epsilon_{k.y.}} \quad (2)$$

, где ϵ_k - линейная податливость кулачков в мкм/кг, ϵ_z - линейная податливость задней бабки в мкм/кг, K - жесткость вала, d - диаметр вала в мм, $\epsilon_{k.y.}$ - угловая податливость кулачков в рад/кг • мм.

Сила резания рассчитывается теоретически и принимается постоянной, тогда y_g выразим:

$$y_g = D - D_n \quad (3)$$

, где D_n - диаметр номинальный, D - фактический.

Подставим выражение (3) в (1), тогда:

$$D = D_n + \frac{P_y l^3}{6EI} i(1-i)[2i(1-i) - \gamma(1+i)] \quad (4)$$

Собственно уравнение (4) и будет описывать траекторию движения резца. Остается найти только неизвестные значения $\epsilon_z, \epsilon_k, \epsilon_{k.y.}$ экспериментальным путем.

Линейная податливость кулачков ϵ_k определяется статическим приложением поперечной нагрузки к зажатой в них детали. Нагрузка прилагается под углом в 60° к плоскости подачи и примерно по середине длины зажимной ступени кулачков. Деформация измеряется в направлении силы P_y индикатором, поставленным между кулачками. Аналогично определяется ϵ_z .

Для определения угловой податливости кулачков используется упрощенный способ, где силу P_y прилагают к валу на расстоянии диаметра от середине длины зажимной ступени кулачков и в той же точке и плоскости измеряют горизонтальные смещения вала. При $l/d = 1$ прогиб вала практически отсутствует, поэтому, можно считать, что увеличение податливости ϵ_{kl} произошло только за счет поворота кулачков.

$$tg\varphi = (\epsilon_{kl} - \epsilon_k) / l \quad (5)$$

Значения $\varepsilon_{s, \varepsilon_k, \varepsilon_{k,y}}$ находятся только один раз для конкретного станка и могут использоваться сколько угодно, а кривая полученная в ходе вычислений аппроксимируется и готова для использования в программе станка с ЧПУ.

В итоге по результатам опытов должна быть создана программа для расчета траектории резца и выдачи результатов в готовой форме для ввода станок с ЧПУ, что позволит более полно реализовать возможности станка.

РАСЧЕТ ПРОФИЛЯ ФРЕЗ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВИНТОВЫХ КАНАВОК СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ

Хоменко А.А. – магистрант гр. МТАП-92
Ятло И.И. – к.т.н., доцент

Расчеты по профилированию формообразующих участков режущих кромок инструмента являются наиболее трудоемкими. Известно, что в зависимости от параметров установки инструмента по отношению к обрабатываемой детали меняется профиль инструмента. Обычными средствами расчета проанализировать эти изменения и выбрать оптимальное решение нельзя из-за большой трудоемкости вычислений.

Для решения данных проблем разрабатывается программа под названием Profil, проектирование которой осуществляется на платформе Visual Studio.net 7.0. Profil может работать в различных 32-разрядных системах Windows и использует возможности данных систем.

Программа работает в автоматическом режиме. В качестве исходных данных в программу вводятся параметры сверла и несколько дополнительных значений, связанных с параметрами фрезы.

Результаты расчета выводятся на экран в текстовом и графическом виде с помощью программ Microsoft Word и AutoCAD. Текстовая информация представляет собой файл с расширением RTF, содержащий наглядное представление проводимого расчета в виде формул и таблиц. Графическая информация – файл расширения DXF, содержащий готовый чертеж профиля дисковой фрезы (Рис. 1). Использование стандартных расширений RTF и DXF в программе Profil позволило дополнительно использовать возможности программ Word и AutoCAD.

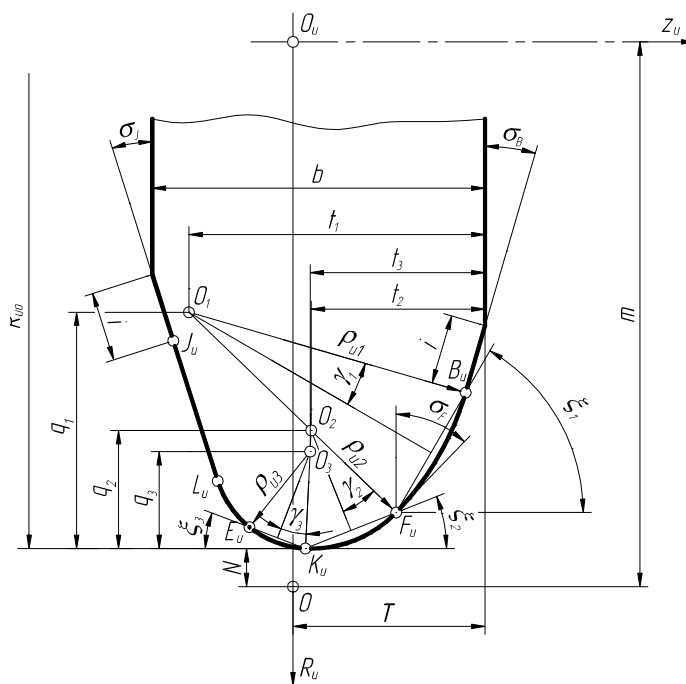


Рис. 1 Чертеж профиля дисковой фрезы

Алгоритм программы (Рис. 2) позволяет при вводе данных и по ходу выполнения расчета выявлять ошибки. В случае их возникновения программа выведет сообщение в виде диалогового окна. Содержание сообщения об ошибке зависит от причин их возникновения и расположения в программе. В отличие от обычного расчета, сложные уравнения в алгоритме (например, трансцендентное уравнение) реализуются методом половинного деления. Такой стандартный подход несложно использовать, он также позволяет обеспечить необходимую точность расчета.

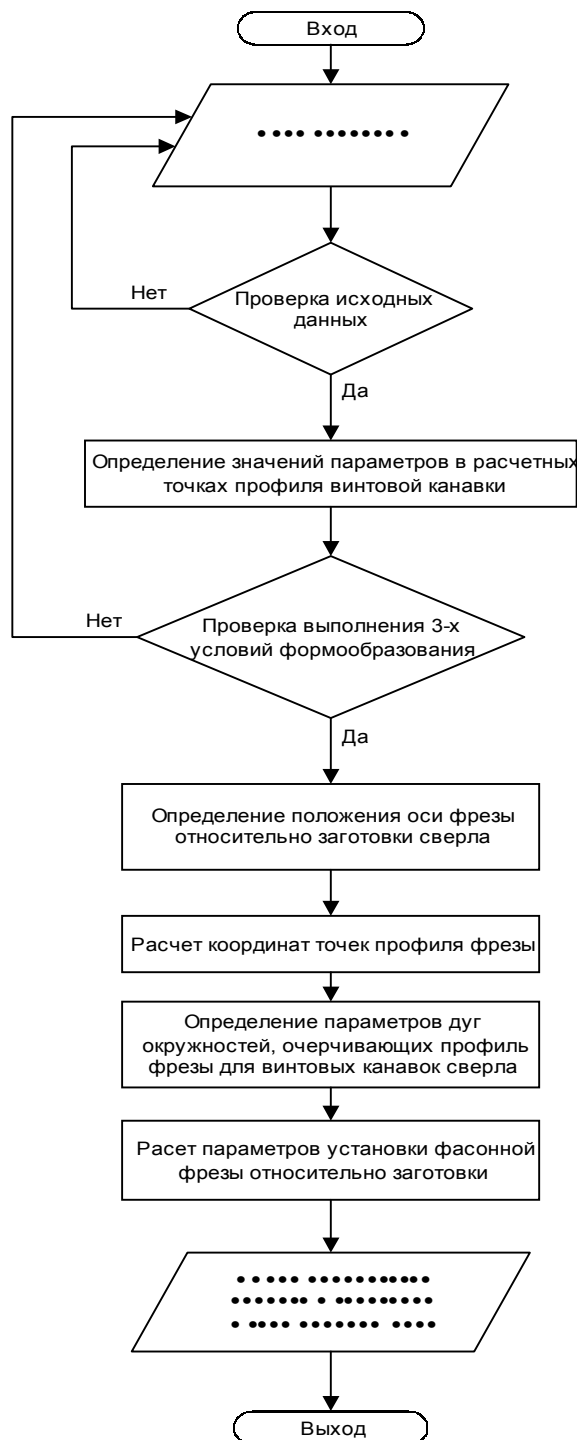


Рис. 2 Алгоритм расчета профиля дисковой фрезы

Необходимо отметить, что результаты расчета, выданные программой, оказались значительно точнее результатов ручного расчета. Автоматизированный расчет профиля фрезы позволяет провести дальнейшие исследования, необходимые для оптимизации параметров установки инструмента относительно сверла.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ

Шевелева Е.А. - аспирант

Актуальной проблемой точного машиностроения является задача стабильного изготовления прецизионных деталей с заданными высокими и жесткими требованиями к точности размеров и отклонениям формы, а также качеству поверхности глубоких отверстий. Достижение точности размера в настоящий момент не представляет существенных трудностей. Более сложным является стабильное обеспечение все возрастающих требований к отклонениям формы, взаимного расположения, волнистости.

Ведущим алтайским производителям распылителей и форсунок для дизельных двигателей приходится сталкиваться с определенными трудностями при обработке глубоких отверстий корпуса распылителя на окончательных этапах изготовления. В существующих технологических процессах финишная обработка происходит в несколько этапов, что ведет к снижению производительности процесса и трудности его автоматизации. Это происходит, несмотря на то, что применяется: особо точное импортное оборудование, полимеросодержащая СОЖ. Проводится постоянный контроль отклонения от круглости, радиального биения корпуса, шероховатости поверхности.

На данном этапе инструментом обследования технологического процесса корпуса распылителя является статистическое регулирование. Внутреннее шлифование является финишной операцией и определяет функциональные свойства готовой продукции. Поэтому она одной из первых переведена на статистическое регулирование. Это дает возможность оценить точность работы оборудования по величине рассеивания, правильность наладки по положению среднего значения и устойчивость процесса по его динамике. Данная методика не является совершенной.

Точность обработки является в определенной степени экономическим показателем. Предлагаемые решения по обеспечению точности в основном связаны с внедрением новых затрат. Но существует и другой путь решения этой проблемы за счет использования внутри-системных резервов. Это перераспределение затрат на основе функционально-стоимостного анализа. Он направлен на поиск снижения затрат и повышения эффективности и качества продукции

Исходя из этого, исследования, направленные на разработку более производительных технологий, методов и средств повышения качества обработки и контроля, обеспечения точности формы и размеров при изготовлении отверстий корпуса распылителя, являются актуальными. Процесс формообразования поверхностей необходимо рассматривать с позиций системного подхода, учитывая силовое взаимодействие инструмента и заготовки, случайный и временной характер явлений, технологическую наследственность.

Обзор научно-технической информации по данному вопросу выявил множество факторов, влияющих на процесс чистовой и отделочной обработки отверстий малого диаметра; анализ существующих технологических процессов показал, что чистовая обработка данных отверстий малопроизводительный и трудоемкий процесс и требует необходимой доработки; выполненный анализ действующих технологических процессов позволил выявить операции, требующие более глубокого исследования.

Необходимо создать методы анализа маршрутных и операционных технологий изготовления прецизионных деталей (на примере деталей топливной аппаратуры); разработать методику проектирования высокопроизводительных циклов внутреннего шлифования; разработать комплекс конструкторско-технологических мероприятий по повышению стойкостных характеристик режущих инструментов для операций чистовой и отделочной обработки.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАТКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ НЕЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДАМИ ПОИСКОВОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ

Чернигина Е.М. – магистрант гр. МТАП-92

Балашов А.В. – к.т.н., доцент

Тенденции к снижению материалоемкости продукции в машиностроении обусловили увеличение объема выпуска деталей малой жесткости. Основной причиной технологических трудностей при обработке нежестких деталей являются сравнительно высокие упругие свойства материалов, которые вызывают упругие деформации на всех стадиях обработки, сборки и эксплуатации деталей. В свою очередь, упругие деформации приводят к нарушению технологических баз, погрешностям формы и размеров деталей, ограничению режимов резания. Данное обстоятельство обуславливает необходимость использования специальной технологической оснастки. Традиционно, при обработке нежестких деталей в рамках станочных приспособлений используют систему подводимых домкратов. При этом значительно увеличивается время на подготовку производства, вследствие настройки подводимых домкратов на каждую заготовку и их фиксацию.

Данный недостаток устранен в разработанном пружинном домкрате с автоматической фиксацией подводимой опоры (см. рисунок).

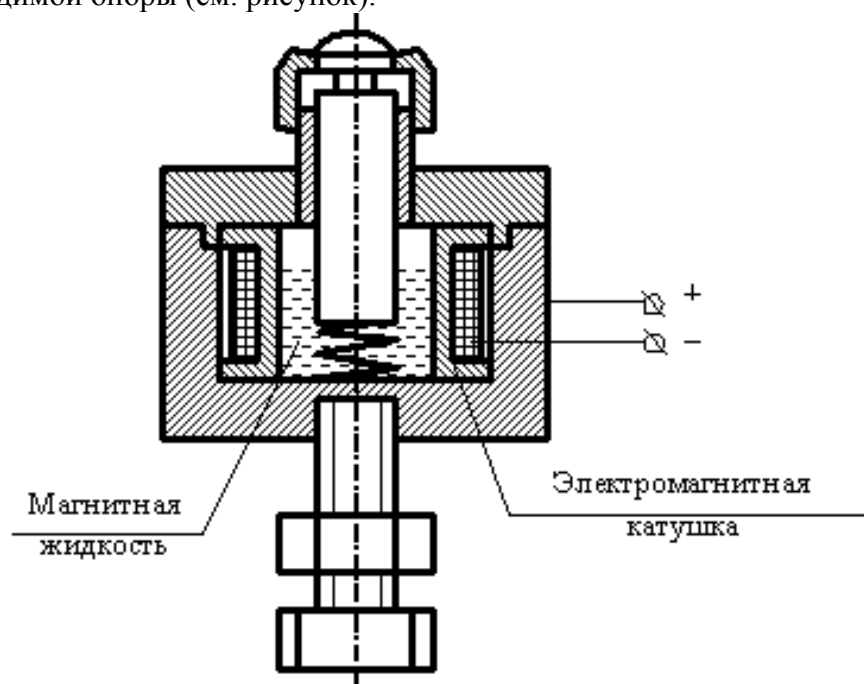


Рисунок – Пружинный домкрат с автоматической фиксацией опоры

Перед началом обработки детали посредством пружин обеспечивается самоустановка опор по ее внутренней поверхности. Фиксация опор в достигнутом положении осуществляется следующим образом. На катушку индуктивности подается напряжение, возникающее магнитное поле вызывает затвердевание магнитной жидкости, размещенной в полости корпуса.

Таким образом, предлагаемое техническое решение позволяет зафиксировать опору без ручных операций, и следовательно повысить производительность обработки за счет существенного сокращения подготовительно – заключительного времени.

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МЕТОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ РЕЖУЩИХ СВОЙСТВ СПИРАЛЬНОГО СВЕРЛА

Антошкин С.А. – студент гр. ТМ-04

Пантыкин Д.В. – студент гр. ТМ-04

Кряжев Ю.А. – к.т.н., доцент

Рациональная эксплуатация режущего инструмента предполагает такие условия его использования, при которых наряду с высокой производительностью и надлежащим качеством изделий достигается возможно меньшая себестоимость механической обработки, благодаря незначительному удельному расходу инструментов. Одной из составляющих себестоимости операции механической обработки является составляющая, отражающая расходы по эксплуатации режущего инструмента.

Для выполнения операции сверления могут быть использованы спиральные сверла из различных инструментальных материалов, подвергнутые различным поверхностным упрочнениям, заточенные различными методами и т.п. Расходы по эксплуатации таких сверл будут различными и это отразится на себестоимости операции сверления.

Существует два метода восстановления режущей способности, от которых в большей степени будут зависеть эксплуатационные расходы спирального сверла:

1) восстановление с предварительной отрезкой изношенного участка ленточки – применяется при образовании ярко выраженного участка с прямой конусностью за счет износа ленточек;

2) восстановление без предварительной отрезки изношенного участка ленточки с заточкой только по задним поверхностям сверла, когда износ по ленточкам имеет небольшую величину.

Анализ зависимостей величины изношенного участка ленточек и наработки спиральных сверл до отказа при сверлении серого чугуна на автоматических линиях и агрегатных станках от параметров режима резания, длины рабочей части и диаметра сверла, твердости поверхностного упрочнения слоя на рабочей части сверла приводит к важному практическому выводу о том, что для уменьшения удельного расхода спиральных сверл и снижения себестоимости обработки одного отверстия необходимо проводить оптимизацию длины рабочей части сверла.

В научно-технической литературе принято производить расчет расходов на эксплуатацию инструмента в пересчете на одну операцию (на обработку одной детали). Для обоснования выбора метода восстановления режущей способности сверл при сверлении серого чугуна был принят критерий – себестоимость обработки одного метра условной длины просверленного отверстия в течение всего ресурса работоспособности сверла:

$$F_j = (C_j + N_j \cdot C_{Pj}) \cdot R_j, \text{ где}$$

C_j - стоимость спирального сверла, руб.;

C_{Pj} - стоимость восстановления режущих свойств сверла, руб.;

N_j – количество возможных переточек сверла;

R_j – ресурс работоспособности сверла, м;

j – условное обозначение метода восстановления режущей способности сверла ($j=1$ –В, метод восстановления с предварительной отрезкой изношенного участка ленточки; $j=2$ –Б, метод восстановления без предварительной отрезки изношенного участка ленточки с заточкой только по задним поверхностям сверла).

В связи с поставленными выше вопросами по рациональной эксплуатации спиральных сверл на автоматических линиях и агрегатных станках были разработаны программы расчета на ЭВМ:

1) затрат на эксплуатацию сверла при обработке одного метра условной длины просверленного отверстия, позволяющая сравнить эти затраты для различных методов восстановления режущих свойств сверла, различных марок быстрорежущей стали и методов поверхностного упрочнения сверла;

2) позволяющая подобрать оптимальный типоразмер спирального сверла и рациональные режимы резания.

Разработанные программы были применены для условий обработки корпуса механизма уравнивания двигателя А-41 на агрегатном станке мод. АМ 1759: диаметр сверла – $D_c = 25$ мм; длина рабочей части сверла – $l = 245$ мм; подача – $S_0 = 0,36$ мм/об; скорость резания – $V = 0,35$ м/с.

В результате расчета получены значения себестоимости ФВ и ФБ, что позволило сделать вывод о целесообразности применения метода восстановления режущей способности сверла с предварительной отрезкой изношенного участка ленточек.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЯ ИЗНОСА СПИРАЛЬНОГО СВЕРЛА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕОРИИ РАЗМЕРНОСТЕЙ И ПОДОБИЯ

Чернов А.В. – студент гр. ТМ-03
Кряжев Ю.А. – к.т.н., доцент

Исследования по изучению износа спиральных сверл при обработке стали и чугуна показали, что на умеренных режимах резания, характерных для работы автоматических линий, лимитирующим является износ ленточек. Износ ленточек сверла является функцией ряда параметров (S_0 ; $D_{св}$; $l_{св}$; V), которые характеризуют условия обработки. Очевидно, что кроме условий обработки интенсивность износа будет также зависеть от свойств поверхностного покрытия на рабочей части сверла, качество которое можно условно характеризовать его твердостью, тогда можно записать:

$$h_l = f(V, V_S, l_{св}, D_{св}, HV_{сч}, HV_n) \quad (1)$$

где h_l - допустимая величина износа ленточек сверла, мм;

V – скорость резания, м/мин;

V_S – скорость подачи, м/мин;

$l_{св}$ - длина рабочей части сверла, мм;

$D_{св}$ - диаметр сверла, мм;

$HV_{сч}$ - твердость обрабатываемого материала, Па;

HV_n - твердость поверхностного упроченного слоя, Па;

Для получения зависимости допустимой величины износа ленточек сверла от приведенных выше параметров при сверлении серого чугуна в условиях автоматических линий был применен метод теории размерностей и подобия. При обработке экспериментальных данных, полученных в условиях реального производства на АО “Алтайдизель”, “Трансмаш”, был осуществлен переход от обычных физических величин, которые влияют на износ ленточек, к величинам комплексного типа, составленных на основе тех же величин, но в определенном сочетании, дающим в отношении размерную величину. Для этого была использована “П-теорема” теории размерности и подобия, которая позволила определить число безразмерных комплексов. В результате получили четыре комплекса, которые имеют определенный физический смысл:

$$A = V/V_S; \quad B = l_{св}/D_{св}; \quad C = h_l/l_{св}; \quad E = HV_{сч}/HV_n. \quad (2)$$

Так критерий A - характеризует кинематику данного процесса сверления,

критерий B - жесткостные характеристики сверла,

критерий C - относительную величину износа ленточек,

критерий E - физические особенности взаимодействия контактирующих поверхностей.

При исследовании поставленной задачи в безразмерных критериях отражается влияние отдельных факторов не порознь, а в совокупности, более отчетливо выступают внутренние связи, характеризующие процесс износа ленточек.

Для получения обобщенной зависимости относительного износа ленточек (критерий С) от переменных параметров (критериев А, В и Е) необходимо чтобы она обладала свойством гомогенности. В нашем случае такая функция будет иметь вид:

$$C = A^x \cdot B^y \cdot E^z \quad (3)$$

Для определения коэффициентов X, Y, Z в аппроксимирующей зависимости (3) был использован метод наименьших квадратов. В качестве переменных параметров использовались данные производственных стойкостных испытаний спиральных сверл с различными поверхностными упрочнениями.

После расчета получены значения: X= - 1,32; Y=- 1,12; Z=0,3. Тогда зависимость величины износа ленточек сверла от значений безразмерных комплексов запишется:

$$h_n = 3,61 \cdot \ell_{cв} \cdot (V/V_s)^{-1,32} \cdot (\ell_{cв} / D_{cв})^{-1,12} \cdot (HV_{cч} / HV_n)^{0,3} \quad (4)$$

Анализируя полученную зависимость (4) можно отметить, что с увеличением критерия $A=(V/V_s)$, определяющего кинематические углы резания и критерия $B=\ell_{cв} / D_{cв}$ - жесткость сверла, значение износа ленточек сверла уменьшается, а с увеличением критерия $E=(HV_{cч} / HV_n)$ износ ленточек увеличивается. Используя зависимость (4) можно определить рациональные условия эксплуатации сверл с различными поверхностными упрочненными слоями при сверлении серого чугуна.

НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ

Фёдоров В.А. – к.т.н., старший преподаватель

В машиностроении более 100 лет успешно применяется метод газотермического напыления, позволяющий придавать поверхности металлоизделий требуемые физико-механические свойства. Суть метода состоит в нанесении расплава цветных металлов или их соединений, образующих на поверхности изделий защитную пленку. Обычно газотермические покрытия используются для восстановления деталей механизмов и повышения износостойкости поверхностей скольжения. При этом используются способы газопламенного напыления, когда расплав формируется в среде горящих газов, а также плазменного высокотемпературного напыления. Начиная с 1950 года активно внедрялись удачные разработки в области электродуговой металлизации. Этот метод заключается в том, что две постоянно подающиеся проволоочки металла расплавляются электрической дугой, возникающей между ними, а расплав распыляется и наносится на поверхность высокоскоростной струей сжатого воздуха или газа. В отличие от газопламенного и плазменного способов напыления электродуговая металлизация существенно дешевле, более производительна и технологична, что позволяет наносить покрытия не только в заводских, но и в полевых условиях. Рабочая толщина электрометаллизационных покрытий (ЭМП) обычно составляет 50-500 мкм что вполне достаточно для формирования износостойкой поверхности детали с учётом проведения операций финишной механической обработки.

В качестве материала напыляемого покрытия возможно использование широкого спектра металлов и сплавов. Так, например, фирмой Металлизейшн Лимитед предлагаются цельнотянутые проволоки из следующих материалов: алюминий, цинк, баббит, медь, никель-цинк, алюминиевая бронза, латунь, фосфористая бронза, силумин, олово, цинк-алюминий, алюминий-магний, низкоуглеродистая сталь, среднеуглеродистая сталь (0,25%), среднеуглеродистая сталь (0,4%), высокоуглеродистая сталь (0,8%), нержавеющая сталь, хромистая сталь (13%), монель, молибден, железо-хром-алюминий, никель-хром-железо и другие металлы и композиции.

При относительной простоте, эффективности и невысокой себестоимости напыление ЭМП имеет ряд существенных недостатков. Как показывает практика напыления покрытий, процесс весьма требователен к характеристикам источника электрического напряжения. Для стабильного поддержания электрической дуги, как правило, используются аппараты с па-

дающей характеристикой. Высоки требования к качеству напыляемой проволоки, а напыление проволочек из различных материалов практически невозможно по причине нестабильности расплавления и, следовательно, распыления металлов. При малейшем нарушении технологии нанесения ЭМП перепад температур в 4...5 °С приводит к отслоению покрытия.

Появившийся в последнее время метод активированной электродуговой металлизации (АДМ) представляет собой перспективное усовершенствование метода электрометаллизации. Основными достоинствами АДМ являются высокая производительность до 25 кг металла в час, относительно низкая трудоёмкость процесса и сравнительная простота оборудования, незначительная деформация и снижение прочности упрочняемых и восстанавливаемых изделий. Возможность автоматизации процесса.

Толщина полученных покрытий может быть от 0,1 мм, до нескольких миллиметров.

По мнению разработчиков установок АДМ-8 и АДМ-10 главной отличительной особенностью процесса АДМ является наличие малогабаритной, высокоэффективной камеры сгорания пропано-воздушной смеси и образующаяся сверхзвуковая струя, имеющая на выходе скорость около 1600 м/с при температуре 2200К.

Это позволяет частицам расплавленного металла разогнаться в потоке до 500 м/с. Условия образования, перемещения частиц и формирование напылённого слоя приводит к образованию плотной структуры покрытия с высокими механическими свойствами.

МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Голубева Е.А. – студент гр. ТАП-94

Марков А.М. - д.т.н., профессор

Себестоимостью механической обработки выпускаемой продукции называются выраженные в стоимостной форме все затраты (издержки) предприятия, идущие на обработку данной продукции. Предварительная оценка себестоимости необходима для обеспечения возможности выпуска конкурентоспособного товара, который будет обладать оптимальным соотношением цена - качество. В практике машиностроения для определения себестоимости обработки партии заготовок наиболее широкое распространение получили методы: бухгалтерский, элементный и по приведенным затратам. Но использование этих методов не всегда дает достоверные результаты. Так, например, бухгалтерский метод не дает возможности учесть разницу в расходах по эксплуатации и амортизации оборудования и универсальной оснастки, различной по сложности и размерам. При расчете по этому способу более производительные технологические процессы оказываются более экономичными даже в случаях применения очень сложного и дорогого универсального оборудования и технологической оснастки. В свою очередь элементный метод, как и всякий другой способ, основанный на средних данных, может иногда дать погрешность расчета, достигающую 15 – 20% (по сравнению с расчетами по точным формулам). В том числе все эти методы применимы только в случае, если себестоимость обработки рассчитывается на технологический процесс обработки уже освоенного в производстве изделия.

Для изделия, находящегося на стадии проектирования применяются другие методы: метод удельных затрат – для оценки технологической себестоимости по вариантам, когда на последние составлены эскизы общего вида; метод элементкоэффициентов – применим для оценки себестоимости деталей и узлов, имеющих типовые или унифицированные аналоги; метод сокращенного нормативного калькулирования и другие, а также их сочетания. Данные методы не обладают высокой точностью, погрешность расчета составляет около 20 %.

Для более точного расчета себестоимости предлагается элементный метод, заключающийся в прямом расчете всех составляющих статей себестоимости. Затраты, которые остаются постоянными во всех сравниваемых вариантах не учитываются, а расчет производится по статьям, зависящим от параметров сравниваемых технологических решений. Но так как существует недостаток информации о реальных затратах на материальные носители рассмат-

риваемых вариантов, и расчет отдельных видов затрат невозможен, то основной метод дополняется методом бальных оценок. Суть которого состоит в том, что между отдельными статьями калькуляции и бальными показателями, рассчитанными по результатам экспертизы, существует прямая или обратная связь. При расчете в технологических решениях выделяются те их свойства, которые непосредственно влияют на оцениваемый вид затрат. Таким образом, технологическая себестоимость обработки определяется выражением:

$$C_T = \frac{1}{n} (C_{3o} \sum_{i=1}^n a_i + C_{3Ho} \sum_{i=1}^n b_i + C_{3Pro} \sum_{i=1}^n c_i + C_{Эo} \sum_{i=1}^n d_i + C_{PИo} \sum_{i=1}^n e_i + C_{Амо} \sum_{i=1}^n f_i + C_{АмPИo} \sum_{i=1}^n g_i)$$

где $C_{3o}, C_{3Ho}, C_{3Pro}, C_{Эo}, C_{PИo}, C_{Амо}, C_{АмPИo}$ - нормативные для данного типа производства значения составляющих себестоимость обработки: заработная плата основных рабочих, заработная плата наладчиков, заработная плата программистов-технологов, затраты на электроэнергию, режущий инструмент, амортизация оборудования и режущего инструмента; n - количество ИЛИ - вершин дерева технологических решений; $a_i, b_i, c_i, d_i, e_i, f_i, g_i$ - весовые коэффициенты, учитывающие изменение нормативных значений составляющих себестоимости при использовании конкретного способа обеспечения показателей точности. Для определения бальных коэффициентов используется метод экспертных оценок.

РАСЧЁТ ТОЛЩИНЫ ОСТАТОЧНОГО СЛОЯ ПОКРЫТИЯ

Бадулина О.С. - аспирант
Ситников А.А. - к.т.н., доцент

Для защиты поверхностей деталей и рабочих органов машин от износа и коррозии широко применяют различные виды металлических покрытий. Поскольку себестоимость получения покрытия в основном пропорциональна его толщине, актуальной становится задача определения ее оптимального значения, удовлетворяющего требованиям служебного назначения покрытия и минимальных затрат на получение. При использовании большинства методов нанесения защитных слоев нельзя получить достаточно точные размеры, особенно на сопрягаемых поверхностях деталей. Поэтому при назначении размеров заготовок, обработанных под покрытия, необходимо учитывать возможные отклонения толщины покрытий при их размерной обработке после нанесения.

Под неравномерностью покрытия по толщине подразумевается колебание толщины покрытия на отдельных участках рассматриваемой поверхности одной обработанной детали. К факторам, влияющим на неравномерность толщины размерно обрабатываемых покрытий, могут быть отнесены пространственные отклонения расположения поверхностей с обрабатываемыми покрытиями относительно базовых поверхностей заготовок, которые возникают чаще всего вследствие погрешностей установки, допущенных на предшествующих операциях размерной обработки заготовок под покрытия. Колебания размеров, получаемых на каждой ступени обработки, обуславливают изменения толщины покрытия. Выбранная система отсчета толщины покрытия должна объективно отражать физическую сущность процесса получения покрытия заданной толщины в результате многоступенчатой обработки поверхностей детали, соответствовать системе допусков и посадок и теории размерных цепей.

Задача обоснования и назначения толщины покрытия на деталях наиболее эффективна может быть решена с помощью расчетно-аналитического метода, позволяющего систематизировать экспериментальные данные о точности и качестве обработки поверхностей при изготовлении деталей с покрытиями и учесть особенности конкретной технологии.

Минимальная толщина обработанного покрытия

$$t_{\text{п min}} = t_{\text{п.н.}} + t_{\text{п.и.}} + R_{z\text{п}} + W_{z\text{п}},$$

где $t_{\text{п.н.}}$ - минимальная толщина покрытия, достаточная для нормального функционирования изделия; в зависимости от функционального назначения определяется, например, заданными

минимальными значениями пробойного напряжения для диэлектрических покрытий, продавливанием абразивным зерном или скалыванием (сдвигом) и др.; $t_{п.и.}$ – толщина слоя покрытия, рассчитанного на изнашивание; $R_{z п.}$, $W_{z п.}$ – соответственно максимальная высота неровностей и волнистость обработанного покрытия (учитывается при работе покрытия в коррозионных средах и в условиях, чувствительных к топографии поверхности, в противном случае применяют величину $t_{п.и.}$).

Минимальный общий припуск на обработку покрытия

$$z_{0 \min} = \sum_{i=1}^n z_{i \min},$$

где $z_{i \min}$ – межоперационный припуск; n – число операций (переходов) размерной обработки покрытий.

Значения толщин покрытий используются не только для размерного геометрического контроля, но и для сопоставления с допустимыми. Возможны ограничения по максимальной толщине покрытия или допустимой, исключающей появление чрезмерно высоких остаточных напряжений и др.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОК НА СТАНКАХ

Исаев А.О. - студент гр. ТАП-94

Марков А.М. - д.т.н., профессор

Установка заготовок на станках — это процесс пространственной ориентации заготовки в рабочей зоне станка, где системой отсчета погрешности установки могут являться или рабочие поверхности режущего инструмента, или направляющие станка.

Пространственный характер процесса образования погрешности установки требует ее оценки по шести параметрам: трем размерным (в соответствии с тремя координатными направлениями) и трем угловым (в соответствии с поворотом в трех координатных плоскостях). При этом системы отсчета погрешности установки в каждой из трех координатных плоскостей могут быть разными. Размерные параметры установки заготовок характеризуют достижение точности размеров между поверхностями детали, а угловые параметры — достижение точности расположения данных поверхностей.

Снижение погрешности установки достигается:

- правильным выбором технологических баз и схем базирования заготовок;
- правильной и стабильной реализацией заданной схемы базирования заготовки;
- оптимизацией расположения опорных точек и точек приложения сил заданной схемы базирования и закрепления заготовки;
- уменьшением влияния геометрических погрешностей заготовки и элементов технологического оснащения;
- снижением влияния деформаций заготовки и элементов технологического оснащения.

Многопараметричность и многофакторность процесса образования погрешности установки требуют привлечения методов математического моделирования для исследования процесса и выявления путей снижения погрешности установки.

На погрешности установки влияет последовательность приложения сил закрепления, составляющие которых направлены по нормальям к разноименным базам комплекта технологических баз заготовки, и не влияет последовательность приложения параллельных друг другу сил, направленных по нормали к одной из баз.

Установленные в результате таких исследований качественные и количественные связи между погрешностью и факторами, ее определяющими, позволяют на этапе ТПП осуществлять направленный поиск рациональных схем и условий установки заготовок на станках. Основной задачей этого этапа является выбор схемы установки заготовки и комплекта технологических баз. При этом в первую очередь следует выбирать схему базирования

заготовки, исходя из анализа схем базирования детали в изделии, а затем поверхности, реализующие выбранную схему расположения опорных точек.

Выбранная схема базирования заготовки должна быть правильно реализована при создании приспособления для установки заготовки на станке. Данная задача может быть решена с помощью метода анализа и синтеза схем базирования и закрепления деталей и заготовок.

Следующим шагом в решении задачи уменьшения погрешности установки на этапе ТПП является оптимизация схемы и условий установки заготовок путем варьирования по определенным правилам расположения опорных точек, точек приложения, величин и последовательности приложения сил закрепления, жесткости опорных точек (жесткости системы заготовка-приспособление). Наиболее полно такие задачи могут быть решены с помощью ЭВМ в системах автоматизированного проектирования, для чего разработаны методики и пакеты прикладных программ.

Способы и устройства для снижения погрешности установки на этапе изготовления деталей обеспечивают компенсацию перемещений заготовки в процессе ее установки и обработки, приводящих к отклонению ее положения от заданного. Наилучший результат в этом случае может быть достигнут путем стабилизации положения технологических баз заготовки относительно выбранной системы отсчета.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ

Бондарь Е.Б. – аспирант кафедры ОТМ
Марков А.М. – д.т.н., профессор

Многочисленные достоинства пластмасс, такие как высокая антикоррозионная стойкость, удовлетворительная прочность, антифрикционные и вибропоглощающие свойства, а также высокие диэлектрические свойства, привели к тому, что в настоящее время пластмассы получили широкое распространение при изготовлении различных деталей машин. Среди них подшипники скольжения, зубчатые и червячные колеса, магнитопрозрачные корпуса и др. Из терморезистивных композиционных пластмасс наиболее часто используются текстолит, стеклотекстолит, органопластики, стеклопластики и стекловолокниты.

Процесс резания пластмасс во многом отличается от обработки металлов и зависит от вида наполнителя и связующего материала, а также от технологического процесса их получения.

Основная трудность при механической обработке органопластиков состоит в получении высокого качества обработанной поверхности. Небольшой модуль упругости при растяжении и высокое относительное удлинение при разрыве органического волокна приводят к разломачиванию обработанной поверхности и появлению задиров. Процесс точения органоластика резцами из быстрорежущих сталей и твердых сплавов был исследован в Ленинградском механическом институте. В результате была определена оптимальная совокупность геометрических параметров инструмента; получены эмпирические зависимости стойкости резцов, связывающие между собой скорость резания, глубину резания и подачу. Зависимости получены для резцов из быстрорежущей стали Р12 и твердого сплава ВК8. Также получены эмпирические зависимости шероховатости обработанной поверхности от режимов резания. Однако исследователи не охватили вниманием другие инструментальные материалы, в том числе алмазы; нет рекомендаций по выбору режимов резания.

Большие трудности при механической обработке вызывают пластические материалы типа стеклотекстолита. Как и при обработке стеклопластиков происходит интенсивный износ режущих инструментов, потеря точности размеров детали, ухудшение чистоты обработанной поверхности. В статье Руднева [Руднев А.В., Штучный Б.П. Оптимальная конструкция инструмента и режимы точения неметаллических материалов типа стеклотекстолита – Станки и инструмент №11, 1963 г.] приведены данные для определения оптимальной марки инстру-

ментального материала, геометрических параметров резцов и режимов резания при наружном точении неметаллических материалов на основе стеклотекстолита. В результате исследований выявлено, что наиболее износостойким из твердых сплавов при точении стеклотекстолита является сплав ВК2. Оптимальные геометрические параметры резцов определены для точения стеклотекстолита СТ и для стеклотекстолита ФН. Выведены зависимости между основными технологическими параметрами для расчета скорости резания при точении этих материалов. Но исследованиями остались не охвачены алмазные инструменты, не проводились исследования по изучению износа режущего инструмента, а рекомендации по геометрическим параметрам инструмента существуют только для отдельных марок стеклотекстолита.

Неметаллические материалы на основе стекловолокна обладают значительными абразивными свойствами. Поэтому при механической обработке деталей из стеклопластиков происходит интенсивный износ режущих инструментов, вызывающий потерю точности размеров детали и ухудшение чистоты обработанной поверхности. Данная проблема существует на Бийском МНПП «Алтик» при обработке точением стеклопластиковых труб, полученных косослойной продольно-поперечной намоткой мокрым способом. Обработка стеклопластика осложняется невозможностью применения СОЖ из-за его гигроскопичности.

Высокие прочностные свойства стеклопластика обуславливают его применение для изготовления деталей значительных длин (контейнеры для геофизических приборов, антенные мачты, телескопические шахтные стойки и др.). В процессе обработки таких деталей возникают погрешности в виде отклонений размеров и отклонений формы. Для прогнозирования показателей точности и дальнейшего управления ими была разработана математическая модель формообразования деталей типа тел вращения из стеклопластика. Рассматривая заготовку как балку с жестко защемленным концом, величину ее прогиба под действием силы резания можно рассчитать по следующей формуле:

$$Y = \frac{Pbx}{6EJL}(a^2 + 2ab - x^2), \text{ мм}$$

где:

Y – прогиб заготовки, мм;

P – сила резания, Н;

E – модуль упругости материала заготовки, Н/мм²;

J – момент инерции поперечного сечения заготовки, мм⁴;

L – длина заготовки, мм;

x – расстояние до точки определения прогиба;

a – расстояние от левой опоры до точки приложения силы резания;

b – расстояние от правой опоры до точки приложения силы резания.

Данная модель дает возможность определять кривую прогиба заготовки при заданных исходных параметрах. Это позволяет автоматически вводить поправку на глубину резания при обработке деталей на станках с ЧПУ, что обеспечивает повышение точности обработки.

Таким образом проблема повышенного износа режущего инструмента существует для многих видов пластмасс на основе стекловолокна. Для отдельных видов пластмасс существуют рекомендации по выбору геометрических параметров инструмента и режимов резания, но все они носят лишь частный характер, нет обобщенных данных и по выбору марки режущего инструмента. Существующие математические модели [Руднев А.В., Штучный Б.П. Оптимальная конструкция инструмента и режимы точения неметаллических материалов типа стеклотекстолита – Станки и инструмент №11, 1963 г.] для расчета скорости резания, стойкости инструмента и шероховатости обработанной поверхности также применимы лишь для отдельных марок пластмасс. Разработанная математическая модель обработки деталей из стеклопластика позволяет повысить точность обработки с помощью автоматического ввода поправки на глубину резания в управляющей программе станка с ЧПУ. Однако вопрос обработки стеклопластика остается слабо изученным. В связи с этим необходимы дальнейшие исследования для выявления и обобщения рекомендаций по выбору инструментального материала и режимов резания.

ВЛИЯНИЕ ФАКТИЧЕСКОЙ ПЛОЩАДИ КОНТАКТА СТЫКА НА ПРОЧНОСТЬ ПРЕССОВОГО СОЕДИНЕНИЯ «ВТУЛКА-КОРПУС»

Буканова И.С. - аспирант
Ятло И.И. – к.т.н., доцент

В отверстие верхней головки шатуна дизелей в качестве подшипника скольжения запрессовывается бронзовая втулка с маслопроводящей кольцевой канавкой, расположенной на середине образующей внутренней поверхности втулки. Прочность прессового соединения «втулка-шатун» должна гарантировать посадка $\varnothing 56\text{ H7/U8}$. Критерием прочности этого соединения является величина момента, препятствующая проворачиванию втулки в процессе эксплуатации дизелей.

Осмотр наружных поверхностей провернувшихся втулок показал наличие участков не контактирующих (или слабо контактирующих) с поверхностью отверстия в шатуне и свидетельствующих о деформации наружной поверхности втулки в процессе запрессовки. Величина деформации оценивалась отклонением образующих от прямой линии на микроскопе БМИ-1 с помощью оптического щупа в 20 точках (через 2 мм) по всей длине втулки. По результатам измерений были построены кривые фактических отклонений от прямолинейности двух диаметрально противоположных образующих наружной поверхности втулки. Анализ кривых дает основание считать, что между сопрягаемыми поверхностями деталей прессового соединения «втулка-шатун» имеются зазоры («провалы» на кривой), размеры которых в радиальном направлении достигают 12 мкм на длине 16 мм. Расположены они по обе стороны от кольцевой канавки. При запрессовке тонкостенной втулки ($d_{\text{нар}}/d_{\text{вн}}=1,14$) особенно сильно деформируется зона кольцевой канавки. На участках поверхности между кольцевой канавкой и торцами образуются «провалы», которые снижают прочность прессового соединения за счет уменьшения фактической площади контакта.

Процесс дорнования отверстия запрессованной втулки с натягом 0,18 мм за счет особенностей упруго-пластической деформации металла втулки позволяет исправить геометрические погрешности ее внутреннего и наружного диаметров, ликвидировать зазоры и увеличить фактическую площадь контакта сопрягаемых поверхностей, повысив тем самым надежность прессового соединения «втулка-шатун».

ОСОБЕННОСТИ ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ОХВАТЫВАЕМОЙ ДЕТАЛИ ПРИ ДОРНОВАНИИ НЕПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ "ВТУЛКА-КОРПУС"

Бочкарев Ю.Д. – магистрант гр. МТАП – 82
Ятло И.И. – к.т.н., доцент

Прочность прессовых соединений находится в прямой зависимости от характера напряженно-деформированного состояния металла запрессованных и подвергнутых последующему дорнованию втулок.

При калибрующем дорновании под действием контактных давлений гребешки микронеровностей сминаются и полностью или частично заполняют впадины микропрофиля. Величина упругопластической деформации металла обычно невелика и не распространяется на всю глубину стенки втулки. Поэтому изменяется только диаметр отверстия, а наружный диаметр остается почти без изменения. Калибрующее дорнование применяется как окончательная операция обработки поверхности отверстий после придания детали окончательных геометрических форм и размеров.

Дорнование с большими натягами сопровождается пластической деформацией по всему объему втулки и приводит к значительному изменению ее исходных размеров. Под действием внутреннего давления внутренний и наружный диаметры детали увеличиваются, а толщина и длина стенки уменьшается. Известно, что пластическая деформация может коренным образом изменить структуру металла, его физико-механические свойства. Поэтому дорнование с большими натягами можно рассматривать не только как метод формирования детали,

но и как эффективный способ изменения свойств металла с целью повышения твердости, предела прочности σ_b и прочности соединения. Структура деформированного металла отличается от структуры исходного материала вытянутостью зерен в направлении движения дорна. Степень изменения свойств металла и величины деформированного слоя зависят от степени деформации.

При больших натягах дорнования пластическая деформация охватывает весь объем заготовки, что подтверждается увеличением твердости по всему сечению втулки.

Рассмотренные особенности пластического деформирования металла детали типа втулок при обработке отверстий втулок дорнованием с большими натягами создают предпосылки использования этого процесса для повышения прочности прессовых соединений.

ПОДСЕКЦИЯ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ САПР ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ В СЕТЯХ 0,38 КВ.

Петроченко Ю.И – студ. гр. САПР-92.

Дробязко О.Н. – к.т.н., доцент

Обязательным компонентом систем электроснабжения напряжением 0,38 кВ являются устройства электрической защиты. Такие устройства обеспечивают отключение участков сети при возникновении в них аварийных режимов (в первую очередь, коротких замыканий). В качестве таких аппаратов используются предохранители и автоматические выключатели.

Защитные параметры таких устройств должны быть выбраны в соответствии с определенными требованиями. Основными из них являются: 1) условие несрабатывания в нормальном режиме, 2) обеспечение надежности срабатывания, 3) условие селективности.

Такой выбор является достаточно трудоемкой процедурой, требующей проведения специальных предварительных расчетов и использования справочной информации.

В связи с этим перед нами была поставлена задача разработки программного средства, позволяющего осуществлять автоматизированный выбор аппаратов электрозащиты в системе электроснабжения сельскохозяйственного объекта.

Дополнительным требованием к разработке такого средства явилось требование его совместимости с программным комплексом “СКБЭоптим”, реализующим расчет эффективности систем электропожаробезопасности на сельскохозяйственных объектах. В рамках такого комплекса выбор характеристик электрозащиты осуществляется вручную.

Кроме того, база данных такого комплекса содержит большинство данных, требующихся при выборе аппаратов электрозащиты, а результаты работы одного из модулей программы “СКБЭоптим” (расчет токов короткого замыкания) используются при выборе защиты.

Нами разработано программное средство, имеющее следующие особенности.

При разработке программы нами была использована система иерархической нумерации участков сети, принятая в “СКБЭоптим”, а также модуль, осуществляющий расчет токов короткого замыкания.

Разрабатываемая программа осуществляет расчет нагрузок на участках сети. Для этого вводятся данные о электроприемниках. После этого подсчитываются суммарные рабочие токи на участках сети, а на их основе – граничные токи, служащие основой для выбора защитных параметров, обеспечивающих первое условие выбора.

Далее рассчитываются граничные токи, учитывающие пусковые характеристики электродвигателей, имеющихся на объекте.

После расчета граничных токов пользователь должен для каждого из возможных мест установки аппаратов защиты ввести его тип (предохранитель – автоматический выключатель) и указать серию аппарата.

Далее производится автоматический выбор номинального тока плавкой вставки предохранителя или номинального тока теплового расцепителя автоматического выключателя. При таком выборе возможны ситуации, требующие вмешательства человека, в результате которого может потребоваться ввод аппаратов защиты других типов и серий.

После выбора указанных параметров для автоматических выключателей производится выбор тока срабатывания электромагнитного расцепителя.

Затем осуществляется проверка выполнения условия по надежности срабатывания.

При невыполнении этого условия также возможны изменения типа и серии аппарата.

Такой ввод данных осуществляется во всех местах сети, в которых планируется установка аппаратов защиты.

При вводе данных на различных уровнях иерархии сети производится проверка селективности (при этом используются защитные характеристики аппаратов). При невыполнении этих условий возможны дальнейшие изменения в установках аппаратов защиты.

Таким образом, в разработанной программе реализован достаточно гибкий алгоритм выбора, допускающий “возвраты” с более поздних этапов алгоритма на более ранние, сопровождающиеся корректировкой системы электрозащиты.

Программа написана в среде программирования Delphi 6.

Программа имеет две модификации.

Первая модификация реализует автономный вариант выбора. Она использует модуль ввода данных сети и модуль расчета токов короткого замыкания. Результатом ее работы являются данные о системе электрозащиты (места установки аппаратов, их виды, серии, и защитные характеристики). Такие данные выводятся на печать.

Вторая модификация является встроенной в комплекс “СКБЭоптим”. Переход к ней осуществляется из меню этого комплекса. После выполнения выбора результаты остаются в базе данных комплекса и используются им в дальнейшем.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОТДЕЛА ГЛАВНОГО ТЕХНОЛОГА ОАО «БАРНАУЛТРАНСМАШ»

Мурзина О. В. - студент гр. САПР-92

Макарова Е. И. - к.т.н., доцент

Разработка программно-информационного обеспечения велась на основе стандарта ИСО 9001. Стандарт ИСО 9001 „Система качества. Модель для обеспечения качества при проектировании и/или разработке, производстве, монтаже и обслуживании” является одним из серии трех международных стандартов на системы качества, которые могут быть использованы в рамках обеспечения качества во внешних отношениях:

В рамках дипломной работы проведена разработка элементов автоматизированной системы обеспечения качества только для технологического отдела.

В результате проделанной работы были выполнены следующие работы:

- выполнен анализ требований к системе управления качеством технологического отдела ОАО “Барнаултрансмаш”;
- разработана иерархия целей и задач этого отдела по разработке и внедрению системы управления качеством в соответствии с положениями международного стандарта ИСО 9000;
- составлен перечень стандартов и руководящих документов, регламентирующих этапы внедрения системы менеджмента качества;
- был разработан стандарт, описывающий правила электронного представления чертежной документации предприятия ОАО ХК “Барнаултрансмаш”;
- составлен перечень требований к автоматизированной системе менеджмента качества и структуре программного (информационного) обеспечения технологического отдела;
- разработано программное обеспечение системы AutoCAD “Построение прямой и обратной обкатки долбяка” в соответствии с техническим заданием и проведено его тестирование;
- разработана общая база данных бюро режущего инструмента отдела главного технолога с приложением параметрического построения чертежа инструмента

Разработан стандарт предприятия на организацию структуры файлов электронной чертежной документации, выполненной с использованием систем автоматизированного проектирования.

Основной целью работы является унификация структуры файлов чертежной документации для создания единой базы данных, содержащей сведения об изделиях, процессах проектирования в виде, оговоренном стандартом предприятия на организацию, структуры файлов электронной чертежной документации, обеспечивающей корректность, актуальность, сохранность и доступность данных тем субъектам производственной деятельности, участвующим в создании изделия, кому это необходимо и разрешено.

При решении поставленной задачи я выполнила следующие этапы работы:

- 1) Сбор информации о структуре файлов чертежной документации данного предприятия;
- 2) Ознакомление с действующим стандартом предприятия на оформление конструкторской документации, а также нормативными ссылками, указанными в нем;
- 3) Анализ собранной информации;
- 4) Разработка стандарта предприятия на организацию структуры файлов электронной чертежной документации;
- 5) Опробирование стандарта и его корректировка

Разработано программное обеспечение системы AutoCAD “Построение прямой и обратной обкатки долбяка”.

Программа разработана на языке AutoLisp.

Программа “Построение прямой и обратной обкатки долбяка” необходима для инженеров в машиностроительных конструкторских бюро при проектировании и исследовании специальных зубчатых зацеплений и соединений.

Ускорение выпуска изделий, необходимость сокращения материальных затрат на их изготовление обуславливают жесткие требования к качеству и гибкости производства. Осуществление этих требований возможно благодаря автоматизации ряда сложных, рутинных вычислительных процессов проектирования.

При всех достоинствах метода обкатки его применение - это весьма трудоемкий процесс. Разработанная программа быстро, с минимальными погрешностями построит графически профиль, выполняемый методом обкатки сэкономив временные и трудовые затраты разработчика. Разработанное программное обеспечение позволяет перейти от традиционных, ручных методов конструирования к автоматизации разработки и выполнения конструкторской документации, удовлетворяющие стандартам ЕСКД как по качеству исполнения документов, так и по соблюдению требований стандартов. Благодаря этому осуществляется ускорение выпуска изделий, повышается качество и гибкость проектирования, что необходимо для сокращения материальных затрат на изготовление изделия.

Пройденные этапы разработки:

- 1) Выбор графического метода построения профилей инструментов, работающих методом обкатки;
- 2) Анализ выбранного метода;
- 3) Разработка соответствующего выбранному методу программного обеспечения;
- 4) Тестирование разработанного программного обеспечения.

Разработана общая база данных бюро режущего инструмента отдела главного технолога с приложением параметрического построения чертежа инструмента.

Общая база данных об изделиях (ОБДИ) - хранилище информационных объектов ИО, содержащих в произвольном формате информацию, требуемую для выпуска и поддержки технической документации, необходимой на всех стадиях проектирования, для всех изделий, проектируемых бюро режущего инструмента.

ОБДИ состоит из нескольких разделов:

- нормативно-справочного;
- долговременного;
- актуального.

Долговременный раздел ОБДИ хранит информационные объекты, содержащие данные, аккумулирующие собственный опыт предприятия. Он обновляется по мере создания новых технических решений, признанных типовыми и пригодными для дальнейшего использования;

Актуальный раздел ОБДИ хранит информационные объекты, содержащие данные об изделиях, находящихся на различных стадиях жизненного цикла изделия.

База данных выполнена на Visual FoxPro 6.0, приложения к ней - на языке AutoLisp системы AutoCAD.

Программа выполняет следующие функции:

-нормирование конструкторских работ

- ✓ нормирование проектирования общего вида
- ✓ нормирование проектирования детализовки
- ✓ нормирование расчётов инструмента
- ✓ нормирование корректировки чертежей инструмента и оснастки
- ✓ нормирование подбора инструмента
- ✓ нормирование реставрации чертежей
- ✓ учёт работ неподдающихся нормированию

- учёт применяемости режущего, вспомогательного и гостированного инструмента
- учёт замены материала инструмента, предусмотренного чертежом, на материал, имеющийся в цехе-изготовителе инструмента
- учёт заданий, находящихся на проектировании у конструктора
- учёт карточек обоснований
- учёт карточек изменений чертежей
- ведение вспомогательных справочников
 - ✓ справочника инструментальных материалов
 - ✓ справочника оборудования
 - ✓ справочника резьбовых соединений
 - ✓ справочника допусков
 - ✓ справочника пластин твёрдого сплава
 - ✓ справочника деталей основного производства
 - ✓ справочника сотрудников отдела.

На рисунке 1 показано дерево противоречий соответствия ОГТ ОАО ХК “Барнаултрансмаш” стандарту ИСО 9001, на нем темно-серым цветом указаны решенные задачи, светло-серым - задачи в данной дипломной работе полностью решены быть не могут из-за их масштабности.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ТРАССЫ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Пушкарев И.В. студент, САПР-92
Козлов Л.А., д.т.н., профессор

В настоящее время на многих предприятиях и в проектных организациях является актуальной задача автоматизации получения чертежной документации. Решение этой задачи позволяет многократно сократить сроки создания чертежей и повысить их качество.

В данной работе представлен процесс создания программного обеспечения для автоматизации проектирования продольного профиля трассы водопроводной сети для отдела водоснабжения ОАО “Алтайводпроект”.

Продольный профиль представляет собой геолого-литологический разрез трассы с различными гидротехническими сооружениями. На нем показана поверхность земли трассы, границы разделения геологических слоев, уровни грунтовых вод, геологические скважины, пересечения с коммуникациями, колодцы, водопровод. Трассой называется часть водопроводной сети, состоящая из одного или нескольких участков. Участок - это часть сети с постоянным диаметром и материалом труб, постоянными условиями проектирования и детализовки, не имеющей точек пересечения с другими участками сети (за исключением начальной и конечной точек участка). Под продольным профилем располагается таблица, куда заносятся данные о продольном профиле.

В ОАО “Алтайводпроект” есть система автоматизированного проектирования (САПР) разводящих сетей водоснабжения. Это большая специализированная САПР, проектирующая всю водопроводную сеть, используя различные расчетные методики. Эта САПР умеет стро-

ить два вида чертежей: продольный профиль трассы и схему детализации сети. Данная САПР имеет ряд недостатков. Во-первых, она написана на языке FoxPro под операционную систему DOS, которая считается морально устаревшей. Во-вторых, правила оформления чертежей продольных профилей изменились. И, в-третьих, в данной САПР имеется возможность печати чертежей только на матричном принтере, вследствие чего качество печати является очень низким.

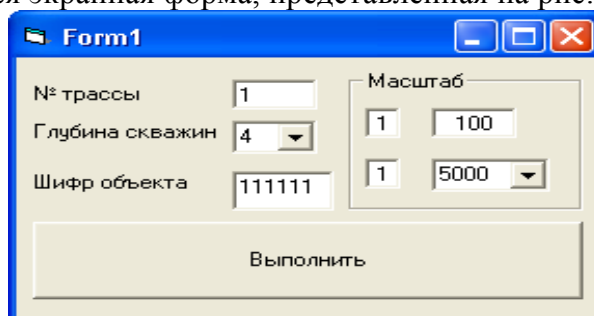
По этим причинам проектировщики рассчитывают сеть водоснабжения, пользуясь описанной САПР, и чертят продольный профиль в AutoCAD, а схему детализации сети вручную на бумаге, тратя огромное количество времени на постоянный пересчет большого количества координат различных объектов чертежа и на само черчение профиля.

Создание новой САПР разводящих сетей водоснабжения, работающей в операционной системе Windows, является достаточно сложной и объемной задачей. Поэтому разработать ее в рамках дипломного проектирования не представляется возможным. Исходя из этого, было принято решение разработать подсистему имеющейся САПР разводящих сетей водоснабжения для построения продольного профиля. При этом разрабатываемая подсистема должна работать под управлением ОС Windows, иметь возможность распечатки чертежей на плоттере, строить чертежи в соответствии с современными правилами оформления, иметь простой интеллектуально-понятный интерфейс, использовать имеющееся в ОАО программное и аппаратное обеспечение.

Имеющаяся САПР разводящих сетей водоснабжения сохраняет результаты своей работы в файлах *.dbf. Следовательно, нужно считать данные из этих файлов, обработать их и передать САД-пакету для построения продольного профиля. Опытным путем выяснилось, что файлы *.dbf в неискаженном виде легко и удобно открываются в пакете Microsoft Excel, который имеется в отделе водоснабжения. Оптимальным САД-пакетом для построения продольного профиля является AutoCAD 2000, т.к. он имеет встроенные языки программирования VBA и AutoLisp, поддерживает OLE-технологии, широко распространен и имеется в ОАО "Алтайводпроект". В качестве языка программирования выбран Visual Basic 6.0, т.к. он оптимальным образом использует OLE технологию для связи с Excel и AutoCAD, имеет большие возможности по сравнению со встроенным языком VBA.

В рамках дипломного проектирования была проведена следующая работа. Во-первых, была проведена формализация правил оформления продольных профилей. Во-вторых, после анализа полученной информации была проведена параметризация всего чертежа. В-третьих, создана структура данных, необходимых для построения продольного профиля. В-четвертых, были созданы шаблоны для построения профиля. И, в-пятых, используя все предыдущие шаги, написана программа построения продольного профиля.

Опишем краткий алгоритм работы программы. После запуска исполняемого файла set_geo_sub.exe появляется экранная форма, представленная на рис.1.



The image shows a screenshot of a Windows application window titled "Form1". The window contains several input fields and a button. On the left side, there are three input fields: "№ трассы" with the value "1", "Глубина скважин" with a dropdown menu showing "4", and "Шифр объекта" with the value "111111". On the right side, there is a section titled "Масштаб" containing two input fields: the first has "1" and "100", and the second has "1" and "5000" with a dropdown arrow. At the bottom center of the form is a button labeled "Выполнить".

Рис.1 Экранная форма

На ней вводится номер трассы, шифр объекта проектирования, а также выбираются вертикальный и горизонтальный масштабы и глубина скважин. Затем нажимается кнопка “Выполнить”, после чего в AutoCAD в зависимости от рельефа и масштаба открывается либо файл-шаблон template.dwg, либо template2.dwg. А в нем в зависимости от длины трассы и масштаба на одной из закладок (листов различного формата) рисуется продольный профиль с таблицей. На рис. 2 представлен продольный профиль формата 630x420 мм в горизонтальном масштабе 1:1000 и вертикальном 1:100.

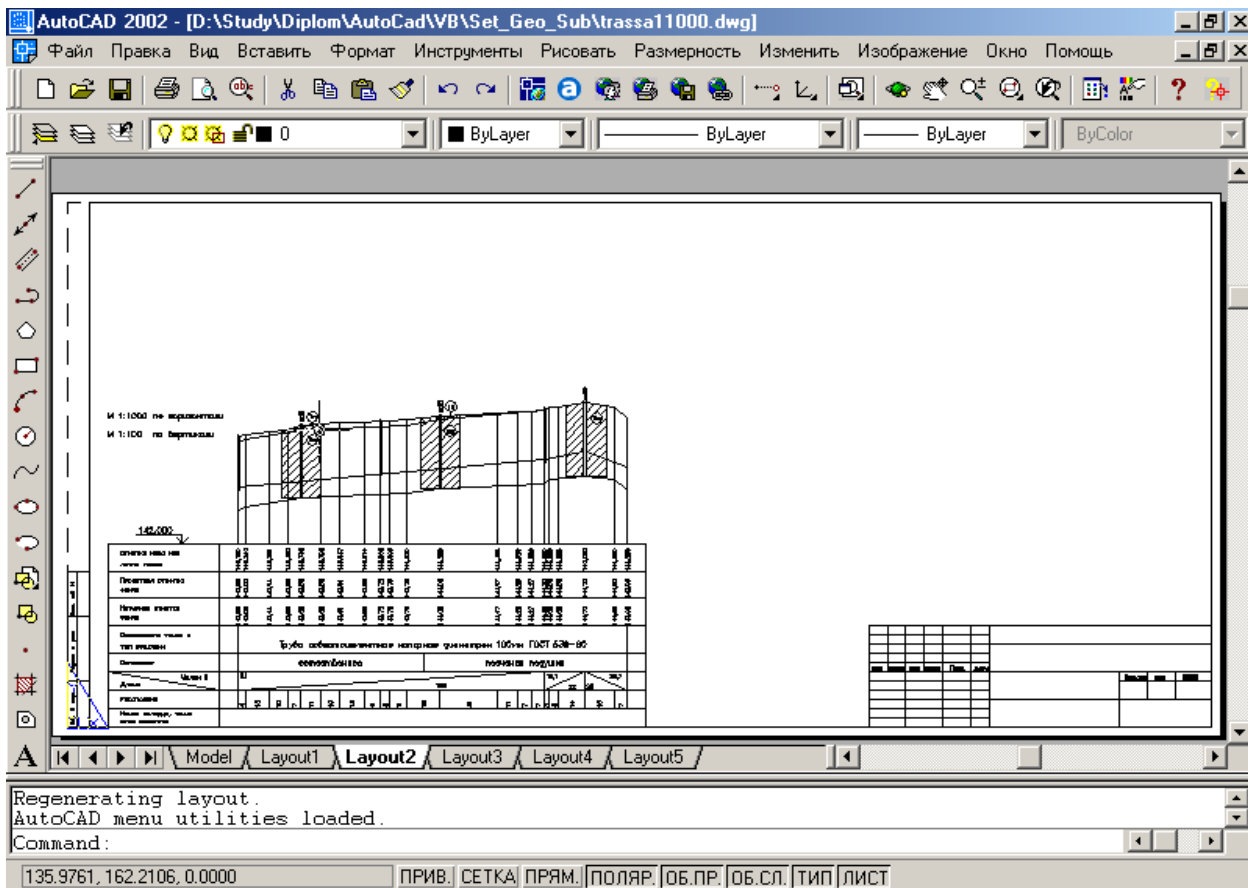


Рис.2 Продольный профиль на листе формата 630x420мм

В результате проделанной работы получен готовый к использованию программный продукт. Разработанная подсистема САПР разводящих сетей водоснабжения, строит продольный профиль, используя результаты работы главной САПР, в соответствии со всеми требованиями проектировщиков к оформлению чертежей. Использование пакета AutoCAD позволило редактировать полученные чертежи, сохранять их в отдельных файлах и распечатывать на плоттере. И главное, точные замеры не проводились, но приблизительные подсчеты показывают, что автоматизированное построение продольного профиля позволяет добиться минимум десятикратной экономии времени по сравнению с построением вручную в AutoCAD или на бумаге. В дальнейшем планируется наращивание программы новыми возможностями вплоть до разработки новой САПР разводящих сетей водоснабжения

На ОАО «СибЭнергоМаш», стабильно работающем промышленном предприятии, которое специализируется на выпуске, поставке и комплектной установке котельного оборудования, сегодня эксплуатируется компьютерная сеть, содержащая около 500 компьютеров разной производительности, с коммуникациями, связывающими 25 производственных корпусов, с выходом через портал в корпоративную сеть «ЭнергоМаш». Территориальная рассредоточенность средств вычислительной техники, наращивание компьютерного парка, увеличение объемов информационных потоков как внутри предприятия, так и внешнего трафика требует от отдела информационных технологий поиска нетрадиционных способов решения задачи управления аппаратными ресурсами информационного пространства предприятия. Именно качество управления вычислительными ресурсами становится существенным резервом эффективности использования информационных технологий в едином пространстве предприятия. Возможным подходом к формированию основы управления таким объектом может быть его трехмерная модель со связанной с ней базой данных элементов сети. Наличие трехмерных моделей производственных корпусов, выполненных в реальном масштабе, может быть основой моделирования с целями управления оборудованием, энергетическими, связными, тепловыми и др. коммуникациями, а также основой автоматизации функций управления основными фондами.

Предполагается осуществление оцифровки административно-производственных зданий предприятия, имеющая самостоятельное значение вследствие ветхости и частичного несоответствия действительности чертежей планировок, увольнения специалистов с многолетним опытом их сопровождающих, осуществлялась в программной системе Autodesk Architectural Desktop, которая обладает библиотекой примитивов (она была расширена при тестировании проекта изображениями моста, концентратора, модема и другими сетевыми элементами), которая в сочетании с утилитами работы со слоями позволяют реалистично представлять сегменты сети.

Электронная модель сети позволяет автоматизировать такую традиционную задачу ее администрирования как управление конфигурацией путем реализации следующих функций:

- сбор и обработку сведений о фактическом состоянии сети и ее компонентов;
- регистрация объектов сети, их учет;
- включение в сеть и удаление из сети ее объектов;
- учет на объектах сети установленного программного обеспечения;
- прием запросов и выдачу справок об объектах;
- управление производительностью сети.

Учетные сведения об элементах и вычислительной сети в целом преобразованы для хранения в базе данных, управляемой СУБД Oracle, которая эксплуатируется на предприятии совместно с внедряемой PDM-системой IMAN. Структура базы данных предполагала хранение сведений об эксплуатируемых компьютерах (перечень комплектующих с их основными характеристиками, стоимость станций, поставщики реквизиты приобретения, сведения о расположении и персональном закреплении, сведения об установленном программном обеспечении и пр.) и дополнена сведениями о сегментах кабельной системы и их эксплуатационных характеристиках, однако считать эту структуру окончательно сформированной преждевременно, т.к. проблема автоматизации ее обновления с применением средств мониторинга сети планируется к реализации на следующем этапе.

В будущем планируется автоматическое обновление БД Oracle, которая будет связана с сетевым оборудованием непосредственно через SNMP протокол, это позволит уменьшить ошибки при вводе данных, облегчить работу администратора и увеличить количество фиксируемых данных для дальнейшего анализа.

Сопряжение трехмерной модели сети с базой данных осуществлено посредством dbConnect, стандартным инструментом Architectural Desktop, который обеспечил реализацию необходимых в рассматриваемой задаче функций:

- связь трехмерных объектов с записями в таблицах базы данных;
- поиск и выделение цветом связанную с трехмерным объектом запись в таблице базы данных при выборе соответствующего объекта,
- поиск и выделение трехмерного объекта при выборе связанной с ним записи в таблице базы данных,
- автоматическое центрирование и масштабирование окна просмотра трехмерной модели на связанном с записью объекте при выборе записи.

Открытость системы трехмерного моделирования и встроенный язык программирования позволяют решать задачу адаптации интерфейса непосредственно для нужд администратора сети, например, путем создания дополнительных инструментов отображения сегментов сети, с одной стороны, а с другой, открытость программной среды Oracle позволяет сопрягать с этими сегментами выборки из базы.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ПРИ УЧЕТЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.

Кулагин А.А. – студент гр. САПР-92
Левкин И.В.-к.ф.-м.н. доцент.

В современном мире информация становится стратегическим национальным ресурсом, одним из основных богатств экономически развитого государства. Быстрое совершенствование информатизации в России, проникновение ее во все сферы жизненно важных интересов личности, общества и государства повлекли помимо несомненных преимуществ и появление ряда стратегических проблем. Одной из них стала необходимость защиты информации. Оценивая роль и место государственной системы защиты информации в общей системе безопасности страны, следует отметить, что в настоящее время все большее значение приобретают не силовые, а информационные факторы. Происходит явное смещение центра тяжести с открытых силовых методов и средств к тонким, несилевым информационным методам и средствам воздействия.

В настоящее время в Государственной Инспекции Безопасности Дорожного Движения (далее ГИБДД) ГИБДД Алтайского края налажена и функционирует система учета транспортных средств с элементами безопасности, которые не в полной мере обеспечивают необходимую информационную безопасность в соответствии с современными требованиями, изложенными в соответствии с руководящими документами.

В качестве элементов обеспечения безопасности существуют:

1. Ограниченность доступа к компьютерам, используемых в Алтайской ГИБДД.
2. Архивация с паролем данных, передаваемых по сети.
3. Проверка адреса и имени файла передаваемого на сервер.
4. Установка антивирусной базы
5. Резервное копирование информации из базы на специальный носитель один раз в сутки.

Сегодня на помощь специалисту, работающему над повышением степени безопасности систем, которые передают информацию по средствам модема, приходят современные аппаратные и программные технологии. Использование этих технологий в системах позволяет создавать системы, имеющие максимальную степень защиты информации. Это делает очевидной актуальность модернизации системы учета транспортных средств ГИБДД Алтайского края с целью обеспечения информационной безопасности.

Данная система работает по специальной программе, которая с помощью модема и телефонной линии городской телефонной станции общего пользования соединяет главный компьютер (сервер) с городским или краевым филиалом.

В нашем случае имеется один сервер и множество филиалов. Сервер находится в Алтайской краевой ГИБДД. Каждый из филиалов обменивается с сервером информацией в определенное время с определенной очередностью, городские филиалы обмениваются информацией один раз в сутки, а краевые филиалы один раз в три дня. В передаваемой информации содержатся данные о поставленных на учет автомобилях, снятых с учета автомобилях, угнанных и найденных автомобилях.

Вся передаваемая информация с филиала или с сервера собирается из базы данных в исходный файл, который подвергается архивации. Файл архива передается по средствам модема филиалу или серверу. В случае, когда файл передается на сервер, он имеет пароль, который проверяется на входе вместе с адресом. У каждого филиала есть свой пароль. Когда пароль не подтверждается, то передаваемый файл откладывается в отдельную папку для дальнейшей обработки вручную. Когда пароль подтвержден, исходный файл подвергается разархивации и происходит автоматическое добавление информации в базу данных.

В ходе анализа системы информационной безопасности были выявлены угрозы информационной целостности:

1. Внесение изменений непосредственно на местах работы сотрудников ГИБДД.
2. Внесение изменений или незаконный перехват информации и передача её, осуществляемая незаконным путем с помощью технических средств, не относящихся к техническим средствам Алтайской ГИБДД
3. Отключение электропитания.
4. Сбои программного обеспечения по вине их производителя
5. Сбои в работе оборудования.

При рассмотрении каждой угрозы в отдельности, было выявлено, что для устранения угроз №1,3,4 и 5 совершенствование системы будет связано с обучением персонала, с лучшим подбором комплектующих и программного обеспечения (ПО). В то время как вторая угроза требует серьезную разработку.

Определен наиболее приемлемый способ информационной защиты системы безопасности ГИБДД Алтайского края, по второй угрозе, являются криптографические методы. Для выполнения поставленной задачи разработан проект системы информационной безопасности учета транспортных средств с устранением утечки информации во внешнюю среду, для Алтайской ГИБДД. Существует большое число программных продуктов шифрования информации, различающихся по степени надежности. Был рассмотрен ряд продуктов шифрования, среди которых для данной системы был выбран самый подходящий. На основании проведенного анализа программ шифрования, наиболее надежная является свободно распространяемая программа PGP. PGP – криптограф, работающий с открытым и закрытым ключом.

После внедрения в систему учета транспортных средств ГИБДД Алтайского края системы шифрования, мы будем иметь систему с зашифрованной передаваемой информацией, т.к. при воздействии на систему нестандартными средствами перехвата информации, определить содержание зашифрованных файлов не представляется возможным (время на расшифровку ключей занимает около 10 лет). При соблюдении всех правил безопасности (сохранность закрытого ключа и правильности соблюдения установленных на сегодняшний день правил) использования системы, можно гарантировать полную защищенность системы и передаваемой информации совместно с относительно небольшими затратами на осуществление этого проекта.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАРКАСОВ ПАРОВЫХ КОТЛОВ.

Экгардт В. В. – студент гр. САПР-93
Дубровина И. С. – ассистент каф. САПР

В конструкторском бюро «Сибэнергомаш» осуществляется проектирование каркасов паровых котлов. Каркас котла – пространственная рамная металлоконструкция, предназначенная для крепления (опоры или подвески) поверхностей нагрева и трубопроводов, ограждений, изоляции, площадок обслуживания и других элементов котла и вспомогательного оборудования. Каркас сконструирован в виде сложной рамы с жёсткими узлами и состоит из несущих колонн, опорных балок, ферм и большого количества вспомогательных стоек и соединительных балок-ригелей. Стержневая система каркаса с жёсткими узлами обеспечивает не изменяемость конструкции под нагрузкой.

Трёхмерная модель каркаса котла, представленная на рисунке 1, была построена с помощью CAD/CAM/CAE Unigraphics. Это система высокого уровня, предназначенная для решения всего комплекса задач, стоящих перед инженерами на всех этапах создания сложных технических изделий (предварительное проектирование, этап инженерного анализа и оптимизации конструкции, изготовление).

Возможности Unigraphics позволили построить модели различных балок, используемых при проектировании в КБ «Сибэнергомаш». А также осуществить сборку каркаса котла из этих элементов.

Одним из этапов проектирования каркаса котла является прочностной расчет каркаса. В системе Unigraphics существует возможность проведения статического расчета на прочность методом конечных элементов.

Были проведены прочностные расчеты различных узлов каркаса, в том числе и сварных элементов. При расчете узлов использовалось несколько видов нагрузок. В том числе ограничение степеней свободы, силы, приложенные в определенных точках, и распределенная нагрузка.

В результате расчета были получены изображение деформированного и недеформированного состояния, распределение напряжений в узлах, листинги и графическое изображение перемещений.

В дальнейшем планируется провести прочностной расчет всего каркаса котла.

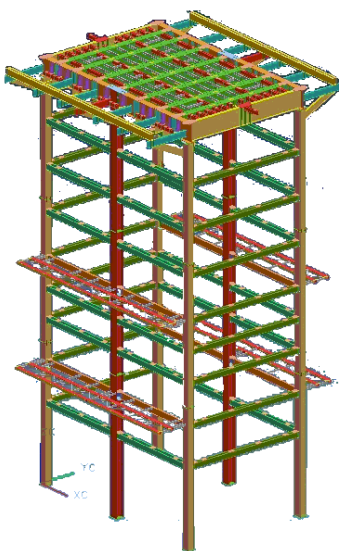


Рисунок 1 – Модель каркаса котла.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ПРОЕКТИРОВЩИКА КОРПУСА ПАРОВЫХ КОТЛОВ

Меньших Г.И. – студент гр. САПР-93

Левкин И.В. – к.ф.-м.н., доцент

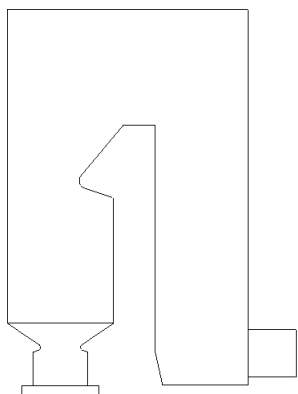
Современная экономическая ситуация, связанная с переходом к рыночной экономике, поставила перед машиностроительными предприятиями задачу по выпуску конкурентоспособной продукции в короткие сроки. Усиление фактора конкуренции повлекло за собой производство новой постоянно меняющейся продукции, а также увеличение её сложности и повышение предъявляемых требований к её качеству. В этих условиях важнейшими задачами для предприятия стали: быстрое реагирование на требования рынка, повышение эффективности производства, снижение стоимости и сокращение времени выхода конкурентоспособной продукции требуемого уровня качества на рынок.

Одним из важнейших этапов в производстве является этап конструирования.

Разработка информационного обеспечения автоматизированного рабочего места и применение CAD/CAE программ позволяет как раз решать эти задачи, но при условии освоения конструктором дополнительных знаний в системном проектировании и освоение компьютерной техники.

Моделирование процесса на компьютере, выполняемое проектировщиком, помогает выявить возможные недостатки проекта или найти его оптимальный вариант до начала изготовления или эксплуатации продукции.

В данной работе представлен алгоритм моделирования процесса горения топлива и газодинамический расчет в корпусе парового котла, который позволяет повысить производительность и эффективность работы проектировщика корпуса паровых котлов.



ВВЕДЕНИЕ В ПРОБЛЕМНУЮ ОБЛАСТЬ. В настоящее время газодинамический расчет парового котла на «СибЭнергоМаш» проводится в конструкторском отделе при помощи компьютерных технологий, моделированием процессов происходящих в корпусе парового котла (горение) никто не занимается.

Данный расчет и моделирование процесса горения предназначен, для того чтобы посмотреть процессы, происходящие в паровом котле и выявить в различных точках движение воздуха и температуру.

Модель корпуса парового котла представлена в виде чертежа (рис.1).

Рис.1 Корпус парового котла

На сегодняшний день расчетом корпуса котла занимаются пять проектировщиков. При помощи устаревшей программы они могут рассчитать искомые величины в контрольных точках, но эти данные не в полной мере отображают реальную картину эксперимента. Для точного проектирования необходимо знать искомые величины на каждом участке внутренней полости корпуса парового котла. Для этого необходимо смоделировать процессы, происходящие внутри корпуса парового котла при горении, чем на данный момент на предприятии ни кто не занимается.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ. Система газодинамического расчета и моделирование процессов происходящих в корпусе парового котла является сложной и достаточно объемной, поэтому полностью разработать ее не представляется возможным. Исходя из этого, было принято решение разработать информационное обеспечение проектировщика корпуса паровых котлов.

Информационное обеспечение (ИО) - совокупность данных (сведений), представленных в определенном виде и используемых при выполнении автоматизированного проектирования.

Основными компонентами ИО являются проектная и нормативно-справочная информационные базы. Проектная информационная база содержит данные об объектах и процессах проектирования, её формирование осуществляется при выполнении основных проектных процедур. Проектная информационная база динамична, она интенсивно изменяется в процессе проектирования. В данном случае в качестве проектной базы предлагается использовать файловую структуру, в которой будет храниться информация об исходных данных для расчета и о результатах расчета.

Нормативно-справочная информационная база содержит данные из справочников, нормативов, каталогов и тому подобное. Формирование нормативно-справочной информационной базы осуществляется при создании САПР. В качестве этой базы предлагается также использовать файловую структуру, в которой будут храниться справочники по расчету, протоколы построений модели корпуса парового котла, протоколы примеров расчета и обучающие видео-файлы.

Для того чтобы технические средства обеспечивали выполнение всех необходимых проектных процедур, взаимодействие между проектировщиками и ЭВМ, взаимодействие между членами коллектива, работающими над одним проектом необходимо выделить отдельный компьютер, с повышенными вычислительными ресурсами, включенный в сеть, принтер для распечатки результатов расчета, а также CD-ReWriter для записи архива с результатами расчетов.

В качестве базового программного обеспечения предлагается использовать Microsoft Windows 2000 Professional.

Состав и структура специального ПО определяются в соответствии с проектируемой системой.

В состав системы включены следующие программные средства:

- пакет, в котором осуществляется проектирование Autodesk Inventor
- пакет, в котором будет осуществляться конвертирование файлов для передачи из одного пакета в другой SolidWork
- система для выполнения газодинамического расчета и моделирования Flow-3D.

ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ НА ПРИМЕРАХ. Современные вычислительные средства предоставляют проектировщику возможности использования интерактивной компьютерной графики, которая позволяет наблюдать и изменять на экране дисплея в трех измерениях геометрический образ конструкции, а также возможность обзора любых ее частей.

Наиболее оптимальным пакетом для создания модели вала является Autodesk Inventor.

В свою очередь, также, рассмотрим, конечно-элементный пакет газодинамического анализа FLOW-3D. Он является пакетом, ориентированным на проведение инженерных расчетов, однако и он содержит механизм как создания геометрических моделей изделий, так и импортирование моделей из других пакетов программ.

В результате анализа CAE систем для моделирования процесса горения и газодинамического расчета корпуса парового котла, выявлено, что наиболее оптимальным пакетом для расчета является Flow-3D.

На показанных рисунках (рис. 2-3) виден процесс, происходящий при горении в корпусе парового котла и результаты расчета, следовательно, проблема, поставленная проектировщиками, решена. Посмотреть числовые значения возникающих в вале напряжений и деформаций можно, используя листинг результатов.

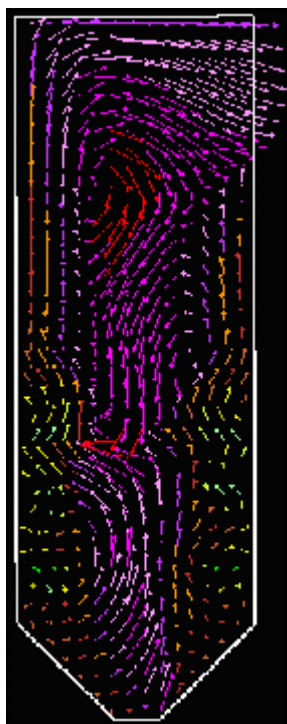


Рис.2 Движение воздуха
в корпусе котла



Рис.3 Распределение
температуры

При геометрическом моделировании корпуса парового котла использовались чертежи ОАО "СибЭнергоМаш".

ВЫВОД. В результате данной работы был разработан алгоритм моделирования газодинамического расчета корпуса парового котла.

Произведен анализ CAD/CAE – систем, использование которых возможно при решении данной задачи. Для осуществления моделирования были выбраны пакеты Autodesk Inventor 5, Flow-3D и SolidWork.

Приведены рекомендации по использованию программных средств и протоколы построения, позволяющие легко изменять конструктивные параметры котла и тем самым проводить газодинамические расчеты практически любого парового котла. Также было проведено моделирование процесса горения в корпусе котла.

Внедрение разработанного алгоритма позволяет существенно сократить экономические и временные затраты при модернизации деталей котла, в связи с тем, что проведение экспериментов на компьютере позволяет существенно уменьшить количество испытаний, путем отбрасывания заведомо неправильных вариантов.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРА

Галманов А. А. – студент гр. САПР-91
Степанов А.В. к.т.н., доцент

Производство сыра является одной из сложнейших биотехнологий, включающей в себя набор физических, химических, микробиологических процессов, происходящих в замкнутой системе. С точки зрения биологии сыр представляет собой самостоятельную экологическую систему, развивающуюся по своим специфическим законам. На различных этапах производства сыра существует определенная возможность управления формированием этой экосистемы. Воздействуя на исходное молоко посредством изменения физико-химических параметров (температура, давление), целенаправленно населяя экосистему микроорганизмами (внесение закваски), обеспечивая те или иные условия существования и развития микрофлоры (режимы обработки в ванне, прессования, посолки и созревания), можно получать сыр с различными свойствами.

Учесть степень влияния всего этого многообразия факторов чрезвычайно трудно, поэтому вопросы создания технологий производств сыров и систем управления их качеством являются весьма сложными и требуют специального подхода.

Одним из вариантов подхода к прогнозированию результатов технологических воздействий на объект является использование методов математического моделирования. Математическое моделирование широко применяется при описании целого ряда технологических процессов в различных отраслях науки и промышленности и зарекомендовало себя как эффективный метод решения практических и теоретических задач.

Моделирование технологических процессов созревания сыра, формирование его физико-химических и органолептических характеристик имеет свою специфику, связанную с особенностями теплообмена, газообмена, диффузионных процессов проникновения поваренной соли и удаления влаги, влияние этих процессов на развитие популяций микроорганизмов, населяющих сырную массу.

Разработанная и реализованная в виде ПО, математическая модель технологических процессов позволяет прогнозировать развитие отдельных видов микроорганизмов и их сообществ в многокомпонентной системе, а также, может оказать большую помощь в прогнозировании качества готового продукта. Помимо перечисленного выше, математическая модель также предназначена для эффективного предварительного исследования процессов, которые будут происходить в сложной биосистеме, без проведения трудоемких и дорогостоящих экспериментов.

Касаясь вопросов сыроделия, разработанная модель применима для разработки новых технологий, исследования традиционных технологических процессов на устойчивость к воздействию возмущающих факторов, а также при определении перспективных направлений научно-исследовательских разработок.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ СЕЧЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В.П. Бочковский – студент группы САПР-93

В.М. Лопухов – к.т.н.

Фирма ООО “Концепт”, занимается проектированием жилых зданий. Одним из этапов проектирования является расчет сечений элементов железобетонных конструкций. Этот этап расчетов является очень трудоемким (громоздким), т. к. требует знания многих табличных данных, формул, а так же создания итоговых отчетов. Поэтому возникла необходимость в создании программного продукта, который бы автоматизировал расчеты сечений элементов железобетонных конструкций, и смог бы максимально уменьшить временные затраты на эти расчеты.

Программный продукт, который был разработан, содержит следующие функциональные возможности:

1. Расчеты сечений элементов железобетонных конструкций;
2. Табличные данные, соответствующие действующим СНиПам;
3. Интуитивно понятный интерфейс, удовлетворяющий требованиям пользователей;
4. Сокращение времени расчетов сечений элементов железобетонных конструкций;
5. Обеспечивает вывод результатов проделанных расчетов в виде отчета, соответствующего стандартам фирмы;
6. Пользователь имеет возможность внесения изменений в отчет.

Разработанный программный продукт рассчитывает сечения элементов железобетонных конструкций, которые могут являться несущими. Данный продукт уже востребован и в дальнейшем должен дорабатываться и совершенствоваться, так как строительство не стоит на месте: количество этажей высотных зданий постоянно увеличивается, а площадь, занимаемая ими – уменьшается, и при этом такие здания должны сохранять надежность.

Программа разрабатывается средствами Visual Basic и на основе MDI – технологий. Visual Basic содержит все необходимые средства для реализации поставленных задач.

MDI – технологии позволяют одновременно производить несколько расчетов, которые не зависят друг от друга, а так же с помощью командной строки главной формы обращаться к любой из форм производимых расчетов.

Форма “frmMain” – главная форма, появляется при запуске программы. Содержит командную строку, панель инструментов, строку состояния. С помощью командной строки можно создать новый расчет, выйти из программы, настроить вид главной формы, расположить в любом положении формы открытых расчетов, посмотреть справку либо информацию о программном продукте.

Форма “Dialog” – подчиненная форма, появляется одновременно с главной формой при запуске программы. Содержит две закладки: “Расчет сечений элементов ж/б конструкций” и “Определение несущей способности элементов конструкции”. Каждая закладка в свою очередь содержит набор расчетов. Так же на форме имеется набор стандартных кнопок, с помощью которых можно создать новый расчет, получить краткую справку либо отказаться от дальнейших действий.

Форма “frmRaschet1” – подчиненная форма, появляется после выбора пользователем в форме “Dialog” иконки, относящейся к данному расчету. Данная форма содержит все необходимые окна для ввода исходных данных, а так же две кнопки: “Расчет” и “Отмена”. После нажатия кнопки “Расчет” произойдет расчет, конечно если все исходные данные были правильно введены. После нажатия кнопки “Отмена” текущая расчетная форма закроется.

Все остальные формы расчетов похожи на первую за исключением дополнительных окон для ввода исходных данных.

Практически все окна исходных данных, кнопки, а так же панель инструментов главной формы имеют всплывающие подсказки.

Табличные данные, хранящиеся в INI – файлах, считываются из них при помощи функций Windows API через определенные функции – оболочки, которые описываются в программном модуле.

В программе реализованы всевозможные обработчики ошибок, как от ошибочных действий пользователя, так и от некорректных математических вычислений.

К ошибочным действиям пользователя относятся:

- случайное нажатие клавиши, которое приводит к изменению табличных данных, сформированных в выпадающих списках;
- неполный ввод исходных данных, без которых расчет продолжаться не может.

К некорректным математическим вычислениям относятся:

- деление на ноль.

Выведение отчета осуществляется с помощью подключенных библиотек Word, которые позволяют сразу после расчета формировать выходные данные в виде отчета в документ Word с возможностью дальнейшего его редактирования и сохранения.

Программный продукт защищен паролем, который запрашивается при запуске программы.

Программа содержит следующие расчеты сечений элементов железобетонных конструкций по первой группе предельных состояний:

1. Расчет сечения изгибаемого элемента прямоугольной формы с одиночной ненапрягаемой арматурой.
2. Расчет сечения изгибаемого элемента прямоугольной формы с двойной ненапрягаемой арматурой.
3. Определение площади сечения напрягаемой арматуры в изгибаемом предварительно напряженном элементе прямоугольной формы с одиночной арматурой.
4. Расчет сечения изгибаемого элемента тавровой формы без предварительного напряжения.

5. Определение площади сечения A_s растянутой арматуры при заданной площади сечения A'_s сжатой арматуры в изгибаемом элементе тавровой формы с двойной ненапрягаемой арматурой.
6. Определение площади сечения напрягаемой арматуры в изгибаемом предварительно напряженном элементе тавровой формы с одиночным армированием.

Расчеты по определению несущей способности элементов конструкций.

1. Определение несущей способности изгибаемых железобетонных элементов прямоугольной формы по прочности нормального сечения.
2. Определение несущей способности изгибаемых железобетонных элементов тавровой формы по прочности нормального сечения.
3. Определение несущей способности изгибаемого железобетонного элемента, нагруженного равномерно распределенной нагрузкой и армированного поперечной арматурой без отгибов, по прочности наклонного сечения.
4. Определение несущей способности сжатого железобетонного элемента, работающего со случайным эксцентриситетом.

Все алгоритмы имеют весьма сложную разветвленную структуру.

Рассмотрим практическое применение программного продукта на примере расчета сечения изгибаемого элемента прямоугольной формы с одиночной ненапрягаемой арматурой.

После запуска программы введем пароль. Далее в появившейся форме “Dialog” выберем первую иконку, соответствующую производимому расчету, и нажмем кнопку “Создать” (см. рисунок 1) после чего появится форма “frmRaschet1” с рисунком элемента прямоугольной формы с одиночной арматурой (см. рисунок 2). В текстовые поля введем следующие данные:

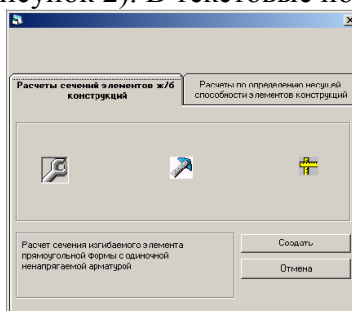


Рисунок 1 – Форма “Dialog”

Изгибающий момент $M = 0,05$;

Из выпадающего списка для изгибающего момента выберем $\text{кг}\cdot\text{м}$ (если ничего не выбирать, то по умолчанию единицы измерения изгибающего момента берутся в МПа);

Параметры прямоугольного сечения:

$a = 0,1$;

$b = 0,5$;

$h = 0,6$;

Из выпадающего списка для коэффициента γ_{b2} выберем 0,9;

Из списка для бетона выберем “Тяжелый и мелкозернистый”;

Из списка для класса бетона выберем “В15”;

Из списка для класса арматуры выберем “А-III диаметром, мм: 10-40 ”.

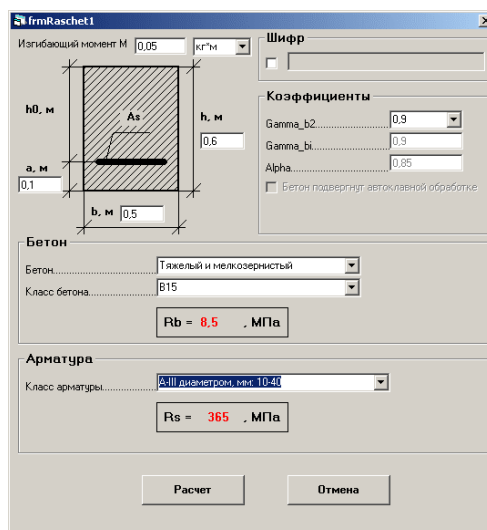


Рисунок 2 – Форма “frmRaschet1”

После ввода всех исходных данных нажмем кнопку “Расчет”. Программа, проверив наличие всех исходных данных, выдаст предварительную форму с полученными результатами. С помощью этой формы можно получить полный отчет с таблицей, содержащей выходные данные, и графическим изображением сечения, нажав на кнопку “Сформировать отчет”. Сразу после этого отчет автоматически формируется в документ Word (см. рисунок 3). Затем полученный документ можно редактировать всеми средствами Word, а так же сохранять в любые форматы, поддерживаемые Word-ом.

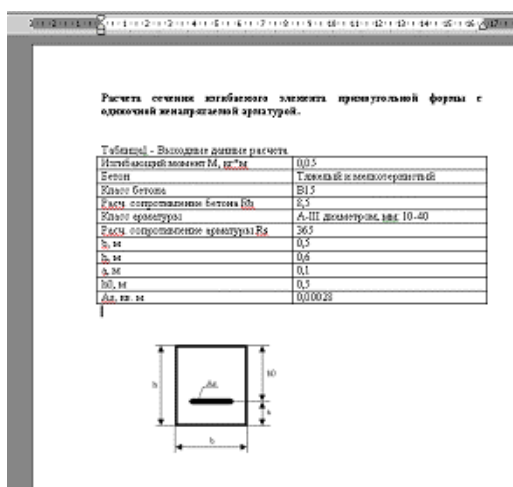


Рисунок 3 – Фрагмент отчета

Направление развития программного продукта не заканчивается на этом в данной области расчетов. Существует множество других расчетов, которые так же требуют автоматизации. Поэтому программный продукт остается открытым для пополнения архива новыми расчетами в области строительного проектирования.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА СПЕЦИАЛИСТА ПО ЗАЩИТЕ ИНФОРМАЦИИ В АЛТАЙСКОЙ ГИБДД

Захаров А.С. – студент гр.САПР-93
Левкин И. В. – доцент

В настоящее время информация имеет огромное значение для различных сфер нашей жизни. Информация в современном мире является таким атрибутом, от которого в решающей степени зависит эффективность жизнедеятельности общества. Всеобщая компьютеризация основных сфер деятельности привела к появлению широкого спектра внутренних и внешних угроз, нетрадиционных каналов утечки информации и несанкционированного доступа к ней.

В Алтайской ГИБДД для противодействия всему множеству современных угроз, так же как и на других предприятиях, в организациях и учреждениях организован отдел защиты информации. Функциями этого отдела является, внедрение системы комплексной защиты информации включающие в себя программно-аппаратные комплексы защиты от несанкционированного доступа к информационным ресурсам, криптографические подсистемы защиты информации, организационно-режимные меры и технические средства защиты.

Кроме того функционирование этих систем и поддержание их на уровне требований Законодательства России невозможно без должного правового обеспечения. Особо актуальным оно является на современном этапе для государственных предприятий, в информационных системах которых, обрабатываются и хранятся информационные ресурсы конфиденциального характера.

Кроме этого сама Алтайская ГИБДД для обеспечения информационной безопасности разрабатывает и издаёт подзаконные нормативные правовые акты конфиденциального характера.

Для облегчения работы отдела по защите информации необходимо средство, которое позволит автоматизировать основные направления работы специалиста по ЗИ. Существующие на рынке информационных технологий средства предназначены для учреждений имеющих специальные сертификаты на их использование. Поэтому не каждое предприятие может внедрить подобный продукт у себя. Данная работа посвящена разработке средства, которое возможно внедрить на любом предприятии.

Специалистам по защите информации в Алтайской ГИБДД приходится обрабатывать большое количество разнообразной информации как правовой, так и организационной. Обычно эта информация представляет собой набор печатных документов и рукописных либо электронных журналов, которые хранятся в различных местах. Необходимо, чтобы вся нужная специалисту по ЗИ информация всегда была легко доступна, чтобы ее можно было быстро найти, обработать и анализировать. АРМ специалиста по ЗИ предназначено для того, чтобы свести воедино все сведения и документы, необходимые для обеспечения защиты.

На сегодняшний день система состоит из определенного количества документов нормативных правовых актов (более 60-ти): законов, нормативных актов Президента РФ и Правительства РФ, Госстандарта РФ, нормативных документов Гостехкомиссии РФ, ФСБ (ФАПСИ), и того министерства или ведомства в рамках которого функционирует предприятие. Кроме этого, решая задачи защиты информации на предприятии, руководство, для обеспечения информационной безопасности, разрабатывает и принимает собственные подзаконные акты. Часть этих документов в виде текстовых файлов находятся на компьютере системного администратора информационной безопасности, часть на бумаге, а некоторых документов нет вообще. Также для поддержки организационного обеспечения ИБ используется закрытая информация для функционирования организации, которая включает в себя стандарты и нормы защиты, ведомственные инструкции, должностные инструкции и т.д., эти документы также хранятся в разных местах, не все из них имеются и доступны. Для поддержки администрирования ИБ проводится наблюдение за текущим состоянием системы безопасности, это список паспортов регламентированного ПО, список машинных носителей, список

ФИО сотрудников и т.д., эта информация также хранится в разных местах, на разных носителях и не в полном объеме. Необходимые программных средств (средства тестирования и восстановления в случае непредвиденных ситуаций и т.д.) имеются не в полном объеме, часть их находится на жестком диске компьютера системного администратора информационной безопасности и часть на CD дисках, которые находятся также у администратора.

Проанализировав состояние системы на сегодняшний день, когда необходимая информация очень разрознена, содержится не в полном объеме, и программных средств также не хватает и они находятся в разных местах, видно, что пользование как информацией так и ПС затруднено. Необходимо, чтобы вся нужная специалисту по ЗИ информация всегда была легко доступна, чтобы ее можно было быстро найти, обработать и анализировать. Создание автоматизированного рабочего места дает возможность решить эту проблему за счет автоматизации. АРМ специалиста по ЗИ предназначен для того, чтобы свести воедино все сведения и документы, необходимые для обеспечения защиты предприятия.

Структура АРМ специалиста по ЗИ представляет собой базу данных, защищенную от несанкционированного уничтожения, добавления и исправления содержащейся в ней информации. Права на эти действия смогут иметь только лица допущенные для работы с этой базой.

АРМ состоит из четырех модулей:

1. Данные необходимые для правового обеспечения информационной безопасности и функционирования отдела защиты информации.
2. Данные необходимые для организационного обеспечения безопасности АС на объекте информатизации и организационной защиты информации.
3. Данные и ПО необходимые для поддержания (обеспечения) безопасности АС. Данные и ПО необходимые для администрирования безопасности АС.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОВОГО СТЫКА ДИЗЕЛЯ

Боечко К.А. – студент гр. САПР-92
Лопухов В.М. – научный руководитель

В настоящее время всё большую актуальность приобретают проблемы конструктивного моделирования отдельных узлов и систем с последующим анализом напряжённно-деформированного состояния (далее - НДС) составляющих деталей.

Одна из задач, которая ставится на ОАО «Производственное объединение «Алтайский моторный завод»», - это задача повышения надёжности газового стыка дизельных двигателей. Важным шагом в развитии методов решения данной проблемы является автоматизация процесса моделирования напряжённно-деформированного состояния деталей газового стыка с использованием САД/САЕ-систем. Именно с этой целью и была проведена работа по проектированию автоматизированной системы моделирования напряжённно-деформированного состояния деталей газового стыка дизеля.

Процесс моделирования НДС состоит из следующих этапов: создание твердотельных моделей деталей газового стыка в среде пакета твердотельного моделирования; создание сборки из созданных моделей; импорт модели газового стыка в пакет расчёта; выполнение прочностного расчёта с последующим анализом результатов, в результате которого расчёт может повторяться с целью достижения необходимых результатов. Таким образом, элементами проектируемой системы должны являться пакет твердотельного моделирования и пакет расчёта НДС.

Результатом данной работы является такой вариант выбора элементов автоматизированной системы моделирования напряжённно-деформированного состояния деталей газового стыка дизеля и такой подбор компьютерных ресурсов и параметров эксплуатации системы, которые позволяют достигнуть достаточной точности реализации твердотельных моделей любой сложности, точности расчёта НДС газового стыка дизеля и наиболее оптимальных

временных затрат на проведение всей работы в целом. В качестве пакета твердотельного моделирования был выбран пакет SolidWorks2003, использование которого является оптимальным, поскольку данная версия пакета SolidWorks имеет ряд преимуществ в виде наличия новых возможностей построения сложных криволинейных объектов по сравнению как с более ранними версиями данного пакета (например SolidWorks2001), так и с рядом других пакетов твердотельного моделирования (например, Autodesk Inventor 5). В качестве пакета расчётов был выбран пакет COSMOS\Design STAR 3.0, поскольку данный программный продукт обладает такими преимуществами, как удобный интуитивно понятный интерфейс с возможностью его настройки, наличие достаточно мощного вычислительного аппарата, основанного на методе конечных элементов и включающего в себя более чем один способ решения поставленной задачи, а также обеспечивающего точность получаемых результатов расчёта.

В ходе работы были определены компьютерные ресурсы, обеспечивающие нормальную работу системы с оптимальными временными затратами и являющиеся приемлемыми в плане возможности их приобретения:

- Наличие установленной и исправно работающей ОС Windows NT/2000/XP;
- Процессор – не ниже Pentium 1500.
- Оперативная память – не менее 128 Мб;
- Видеопамять – не менее 32 Мб;
- Не менее 1.5 Гб свободного места на жёстком диске;
- Наличие манипулятора типа «мышь» или «трекбол»;
- CD-ROM.

Что касается временных затрат на расчёт, то при размере конечного элемента 1.057 см, трёх типах прикладываемых нагрузок и достаточно больших габаритах рассчитываемой сборки (например, основой для построения твердотельной модели головки цилиндров является прямоугольный параллелепипед с размерами 269*710*132 мм) и при указанных в последнем перечислении ресурсах компьютера время расчёта составляло 4 часа 35 минут, что является достаточно приемлемой величиной.

Для проверки работоспособности системы и подбора перечисленных характеристик было проведено моделирование НДС деталей газового стыка дизеля АМ-41, производимого на ОАО «Производственное объединение «Алтайский моторный завод»», во время которого были пройдены все вышеперечисленные этапы моделирования НДС газового стыка. Результат твердотельного моделирования (модель газового стыка дизеля АМ-41) представлена на рисунке 1. Результат расчёта НДС деталей газового стыка представлен на рисунке 2.

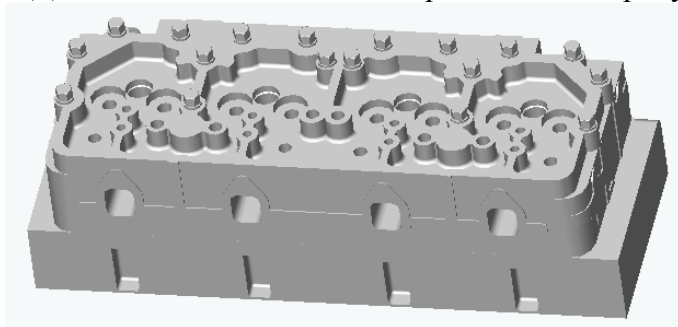


Рис. 1 Твердотельная модель газового стыка дизеля АМ-41, реализованная в среде пакета SolidWorks2003

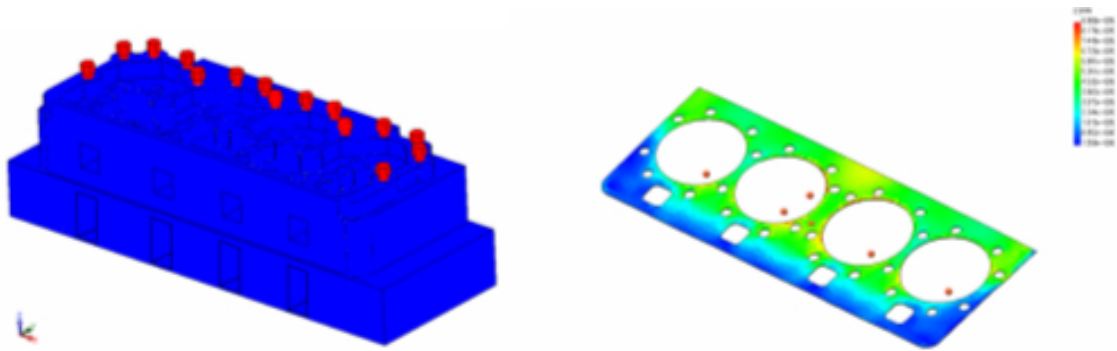


Рис. 2 Модель НДС деталей газового стыка, полученная в среде пакета COSMOS\Design STAR 3.0

РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИИ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ШАРНИРА

Бразовский В.В. – студент гр.АТ-02
Дружинин В.А. – научный руководитель

Резина как упругий элемент в системе подвески может быть использована в различных формах и способах нагружения. Широкое распространение в качестве упругих звеньев и амортизирующих элементов различных машин получили так называемые резинометаллические шарниры. Резиновый элемент шарниров представляет собой в большинстве случаев цилиндрическую втулку, связанную своей внутренней поверхностью с пальцем шарнира, а наружной - с его обоймой. Существуют резиновые упругие элементы различных форм и размеров, поэтому, выбирая соответствующее направляющее устройство подвески и нагрузку можно подобрать такие резиновые элементы, которые будут обладать требуемыми свойствами.

Для оценки напряженно – деформированного состояния резинового элемента при сжатии используется методика, изложенная в монографии Э.Э.Лавендела [1]. Согласно этой методике расчет базируется на основе линейной теории упругости несжимаемого материала. Если шарнир достаточно длинный, то задачу можно рассматривать как плоскую. Форма поперечного сечения обуславливает применение цилиндрической (полярной) системы координат. Решение системы уравнений теории упругости может быть представлено при помощи одной бигармонической функции.

Разрешающая (бигармоническая) функция для резинометаллического шарнира имеет следующий вид:

$$\varphi = e(C_1 r + C_2 r \ln r + C_3 r^3 + C_4 r^{-1}) \cos \theta.$$

Из системы [1] следует, что

$$u = -\frac{1}{r} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \theta^2} = e(C_1 + C_2 \ln r + C_3 r^2 + C_4 r^{-2}) \cos \theta;$$

$$v = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r \partial \theta} = e[C_1 + C_2(\ln r + 1) + 3C_3 r^2 - C_4 r^{-2}] \sin \theta;$$

$$s = -r \frac{\partial}{\partial r} \nabla^2 \varphi = 2e(C_2 r^{-1} - 4C_3 r) \cos \theta.$$

Граничные условия задали $u=0$ при $r=R_2$; $v=0$ при $r=R_2$; $u=e \cos \theta$ при $r=R_1$; $u = -e \sin \theta$ при $r=R_1$ дают систему четырех уравнений:

$$C_1 + C_2 \ln R_2 + C_3 R_2^2 + C_4 R_2^{-2} = 0;$$

$$C_1 + C_2(1 + \ln R_2) + 3C_3 R_2^2 - C_4 R_2^{-2} = 0;$$

$$C_1 + C_2 \ln R_1 + C_3 R_1^2 + C_4 R_1^{-2} = 1;$$

$$C_1 + C_2(1 + \ln R_1) + 3C_3 R_1^2 - C_4 R_1^{-2} = 1.$$

Решение последней системы уравнений представляем в виде:

$$C_1 = \Delta_1 D; C_2 = \Delta_2 D; C_3 = R_1^{-2} \Delta_3 D; C_4 = R_1^2 \Delta_4 D, (1.4)$$

$$\text{где } D = \frac{1}{2} [(\alpha - \alpha^{-1})^2 - (\alpha^{-2} - \alpha^2) \ln \alpha]^{-1};$$

$$\alpha = R_2 R_1^{-1};$$

$$\Delta_1 = (\alpha - \alpha^{-1})^2 + 2(\alpha^{-2} - \alpha^2) \ln R_2;$$

$$\Delta_2 = 2(\alpha^2 - \alpha^{-2});$$

$$\Delta_3 = \alpha^{-2} - 1;$$

$$\Delta_4 = \alpha^2 - 1.$$

Силу, смещающую втулку относительно валика на величину e , находим с использованием условия равновесия втулки:

$$\begin{aligned} P_r &= \int_0^1 \int_0^{2\pi} [\sigma_\pi(R_1) R_1 \cos \theta - r_{r\theta}(R_1) R_1 \sin \theta] \ln d\theta = \\ &= 4eGR_1 \int_0^{2\pi} [C_2 R_1^{-1} - C_3 R_1 - C_4 R_1^{-1}] \sin^2 \theta d\theta = 4\pi eGlC_2 \end{aligned}$$

По величине силы находим смещение втулки:

$$e = \frac{P_r}{4\pi Gl} \left(\frac{\alpha - \alpha^{-1}}{\alpha + \alpha^{-1}} - \ln \alpha \right).$$

Решение задачи осуществлялось в среде «Mathcad».

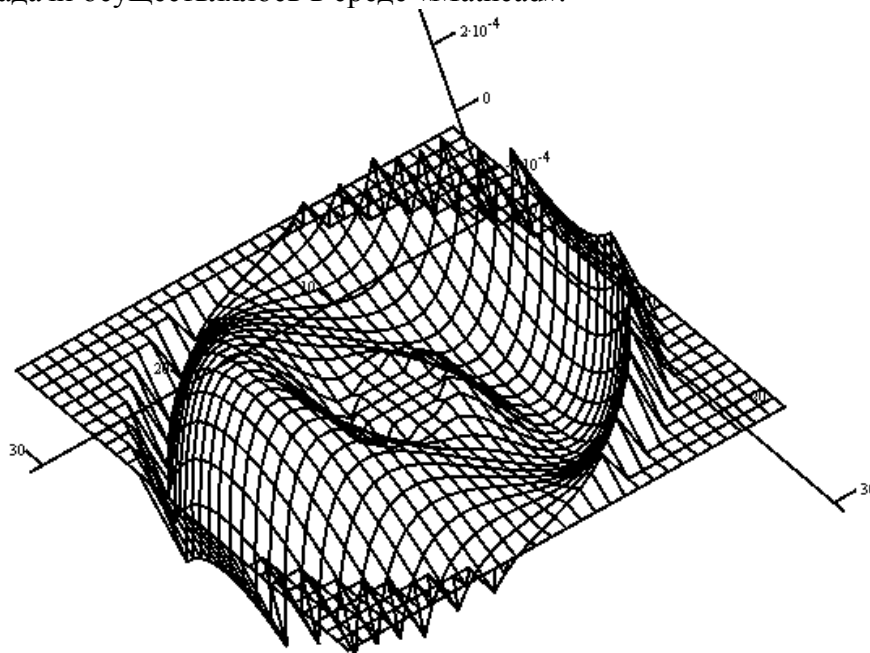


Рисунок 1

На рисунке 1 приведен пример распределения горизонтальных смещений в поперечном сечении при радиальном сжатии длинного резинометаллического шарнира со следующими параметрами: $R=25\text{мм}$; $r=5\text{мм}$; $L=30\text{мм}$; $G=5\text{МПа}$; $F=5\text{кН}$.

Исследовались зависимости характеристики напряженного состояния от геометрических параметров шарнира. Из приведенных выражений следует, что для сопоставления с экспериментом желательно выбрать наиболее простые зависимости: смещения втулки от силы должна быть линейной, а от длины втулки обратно пропорциональной. Зависимости от радиусов втулки (на рисунке 2 представлена зависимость от наружного радиуса) Нелинейны и поэтому менее удобны.

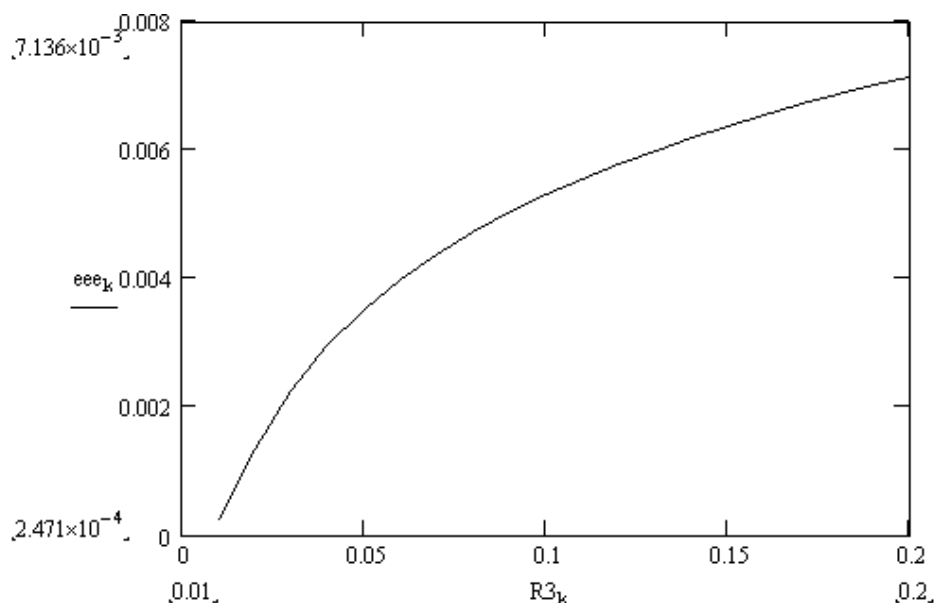


Рисунок 2

Экспериментально проверялась линейность характеристики статического нагружения для шарнира с указанными выше параметрами. Сопоставление экспериментальных и теоретических данных приведено на рисунке 3. 1 – теоретическая зависимость, 2 - экспериментальная. Отклонение экспериментальной кривой от теоретической не выходит за пределы погрешностей измерений (~15%).

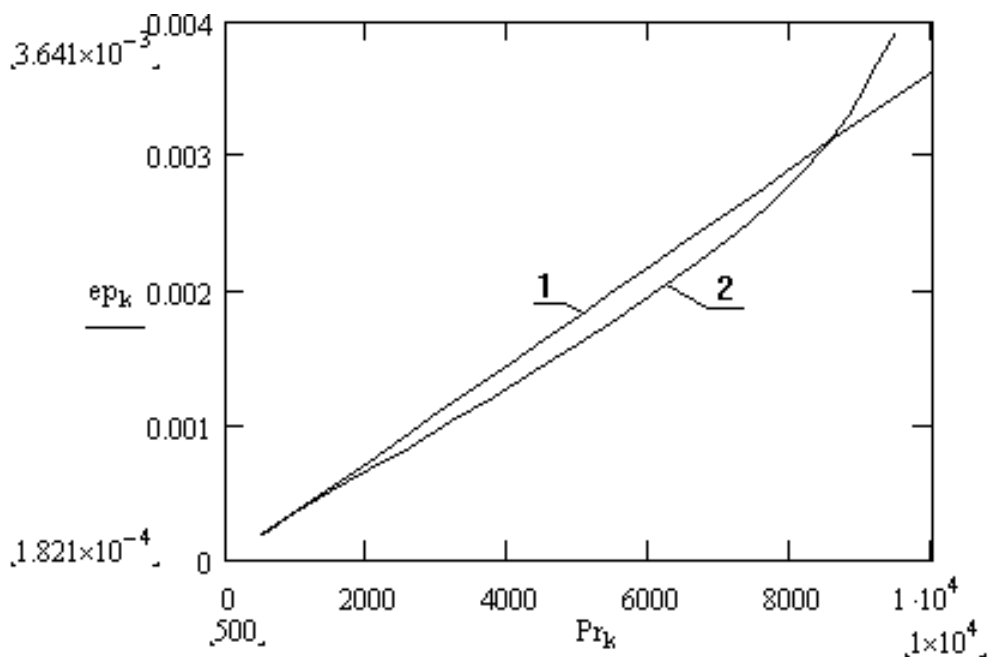


Рисунок 3

Таким образом, в пределах относительно малых нагрузок, удовлетворяющих условиям эксплуатации легкового автомобиля выполняется условие линейности. Выход за пределы данного условия нежелателен и может привести к разрушению резинометаллического шарнира

Литература.

1. Лавендел Э.Э. Расчет резинотехнических изделий: Монография – М.: Машиностроение, 1976. – 232 с.

ПОДСЕКЦИЯ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА И МЕХАНИКА МАШИН»

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС МЕТОДОМ КОПИРОВАНИЯ

Гурьева О.А. - студент группы ЛП-11

Андросов А.П. - к.т.н., доцент

Для уменьшения числа типоразмеров модульных фрез, при нарезании зубчатых колес методом копирования, фрезы каждого модуля делят на 8 групп. Каждая фреза предназначена для нарезания колес в определенном диапазоне чисел зубьев. Чтобы исключить заклинивание, профиль фрезы рассчитывают для колеса с наименьшим числом зубьев из данного диапазона. Таким образом, при нарезании колеса с наибольшим из данного диапазона числом зубьев получают профиль зуба отличающийся от номинального.

Чтобы оценить величину получающейся погрешности, в данной работе рассчитали профили двух фрез, предназначенных для нарезания колес с модулем 20 мм и числом зубьев 25. Профиль первой фрезы был рассчитан по справочнику конструктора и соответствовал 4 номеру, предназначенному для нарезания колес в диапазоне зубьев от 21 до 25. Профиль второй фрезы рассчитали с использованием уравнения эвольвенты по формуле:

$$e_i = \frac{2 \pi R_i}{z} - 2R_i \left(\frac{\pi}{2z} + \operatorname{inv}20^\circ - \operatorname{inv} \left(\arccos \frac{r_b}{R_i} \right) \right),$$

здесь e_i - ширина впадины на радиусе равном R_i .

Остальные обозначения соответствуют общепринятым.

Сравнение полученных профилей показало, что отличие в толщине зуба, нарезанного обычной модульной фрезой и фрезой, рассчитанной с использованием уравнения эвольвенты, по делительной окружности составляет около 1,5 мм.

Графическое построение зубчатого зацепления двух колес с модулем 20 мм и числом зубьев 25 показало, что зазоры в зацеплении колес, нарезанных типовой модульной фрезой, составляют более 3 мм. Качественные показатели передачи в этом случае плохо прогнозируемы.

Таким образом, при нарезании методом копирования, для получения соответствующей требованиям передачи, фрезу необходимо рассчитывать по предложенной методике.

ПОДСЕКЦИЯ «ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА»

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НАГРУЖЕНИЯ НА ЖЕСТКОСТЬ ПРЕССОВОГО СОЕДИНЕНИЯ С УЧЕТОМ ЯВЛЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО СМЕЩЕНИЯ

Вольных Д.П. – аспирант
Максименко А.А. – научный руководитель
Перфильева Н.В. – доцент

Проектирование как процесс весьма сложен и требует больших затрат средств и времени. Но все же эти затраты не сопоставимы с затратами необходимыми на экспериментальную проверку свойств будущего механизма или системы. Современные вычислительные комплексы позволяют с достаточной точностью моделировать практически все существующие системы. Что позволяет многократно снизить расходы и сроки внедрения идеи в жизнь. Однако возрастающий темп технического развития предъявляет все более жесткие требования к конечному продукту. Но инженерный расчет, основанный, на упрощениях и допущениях практически исчерпал свои возможности. И сейчас все большее внимание уделяется созданию адекватных моделей, составление которых невозможно без учета всех даже незначительных свойств системы. Одним из таких факторов является трение покоя или его проявление – предварительное смещение. Доподлинно известно, что трение покоя больше трения скольжения, поэтому для того чтобы сдвинуть тело лежащее на поверхности необходимо приложить большее усилие, чем для продолжения движения того же тела по поверхности. До настоящего времени в инженерных расчетах учет допущений либо не производился, либо производился соответствующими коэффициентами, которые не могут полностью отразить влияние отброшенного фактора. В частности, таким допущениям подвергается контактное взаимодействие сопрягаемых деталей. В расчетах используют либо идеальный шарнир, не имеющий собственных силовых факторов, либо абсолютно жесткое соединение деталей между собой – оба этих допущения лишь в ограниченном числе расчетов позволят получить приемлемые результаты, в остальных случаях ошибка может быть весьма существенной. Известно, что в некоторых системах на долю контактных деформаций приходится до 80% всех деформаций системы, помимо этого поведение контакта описывается нелинейной функцией сопротивления внешнему воздействию и рассеяния энергии. Все эти свойства оказывают существенное влияние на поведение конструкции.

Простой инженерный расчет завышает жесткость системы от 5 до 15% в случае резьбового соединения при статическом нагружении. Рассмотрим соединения с гарантированным натягом (прессовые соединения). В данной области произведены глубокие исследования, все результаты стандартизованы и занесены в таблицы, по которым выбирается величина допуска по величине минимального натяга, который рассчитывается по формулам, исходя из выбранного коэффициента трения. В свою очередь коэффициент трения изменяется в весьма широких пределах, и зависит от множества факторов: шероховатости поверхности, наличие смазки, скорости запрессовки и пр., от 0,08 при запрессовке до 0,14 при нагреве охватываемой детали. При этом величина натяга получается приближенной, и для особо ответственных случаев необходимо экспериментальная проверка результатов расчета. При обычном расчете, если коэффициент трения будет занижен, это приведет к перенапряжению в момент запрессовки и может вызвать разрушение соединения. Завышение коэффициента трения приведет к недостаточному усилию натяга и досрочному выходу соединения из строя. Помимо этого благодаря нелинейной характеристике сопротивления и диссипации энергии при динамическом воздействии, происходит дополнительное уменьшение жесткости соединения.

Данное уменьшение происходит как в нормальном направлении к поверхности так и в продольном или касательном направлении.

Функция касательных колебаний под действием внешней возмущающей силы:

$$m\ddot{x} + \bar{K}_1\bar{x} + \bar{K}_2\bar{x}^2 + \bar{K}_3\bar{x}^3 = P \cdot \sin \omega t$$

Где K_1, K_2, K_3 - коэффициенты, характеризующие силы восстановления и диссипации; m -масса подвижного тела; P - внешняя сила.

Данное уравнение существенно нелинейно и его решение не простая задача. Для его решения был использован способ разложения в ряды. Такой способ весьма трудоемок и без применения вычислительной техники практически не реализуем. Аналитическое же решение данного уравнения вовсе невозможно в виду его нелинейности.

Факторов влияющих на поведение контактной пары так много что составление таблиц аналогичных таблицам допусков и посадок экспериментально, заняло бы ни одно десятилетие непрерывных исследований. Наиболее целесообразно применять расчеты с учетом контактной жесткости в точном машиностроении при проектировании особо точных измерительных приборов и металлообрабатывающих станков. Применение контактных свойств материалов при проектировании средне нагруженных соединений позволит более точно оценивать несущую способность соединения.

Расчеты показывают, что при изменении только частоты возмущающей нагрузки жесткость соединения изменяется

Так при динамическом воздействии справочники рекомендуют снижать допустимую нагрузку на соединение на 30% если это динамическая нагрузка. Но при этом не учитывается конкретная частота воздействия. Так до определенного предела см. рисунок 1 частота незначительно влияет на податливость системы

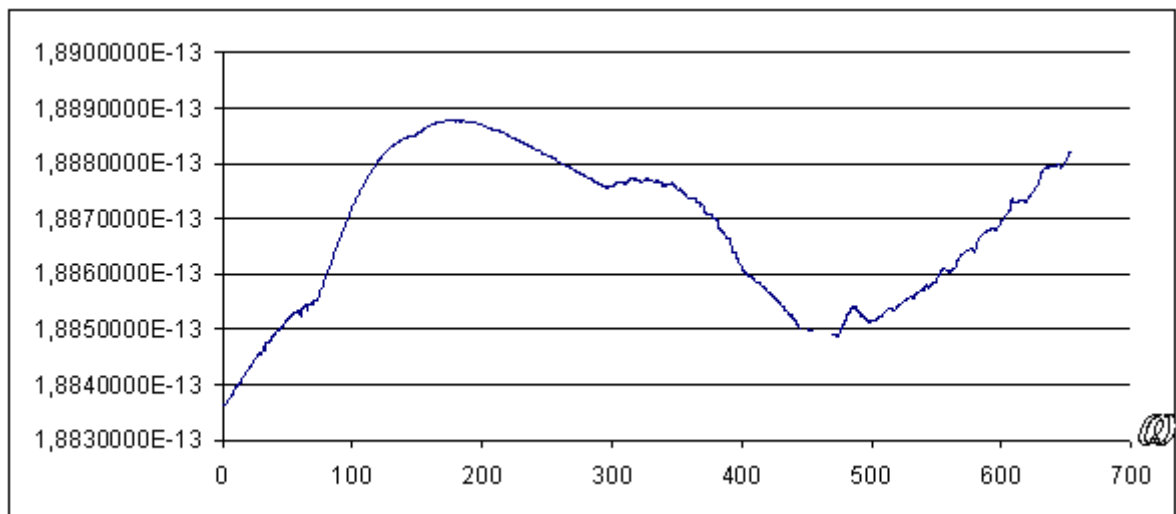


Рисунок 1 график податливости контакта от частоты возмущающей нагрузки.

Как видно из рисунка график контактной податливости обладает свойствами амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) колебаний механических систем. Так если система работает при частоте возмущающей силы 400-500 Гц и переход на рабочие частоты происходит достаточно быстро, нет необходимости занижать допустимую нагрузку на 30-40% достаточно 5-10% см. рисунок 1. Из вышеизложенного следует что учет такого явления как предварительное смещение позволяет увеличить точность расчетов, а следовательно оптимизировать расход материала, что особенно важно в космической и прецизионной областях машиностроения. Помимо оптимизации возможно создание соединений с заданными характеристиками жесткости, диссипации и демпфирующими свойствами.

КОНТАКТНОЕ ВАИМОДЕЙСТВИЕ В УПРУГОМ КЛИНОВОМ СОЕДИНЕНИИ В ПРЕДЕЛАХ ТРЕНИЯ ПОКОЯ

Злобин А. В. - аспирант
Максименко А. А. - научный руководитель
Перфильева Н.В. – доцент

Стык, имеющий форму клина, получил широкое распространение в сопряжениях деталей машин (V-образные направляющие металлорежущих станков, зубчатые соединения, шпоночные соединения, «ёлочные» соединения лопаток ротора). В качестве модели рассматривается зажатый односкосый клин с трением по двум поверхностям. При любом угле скоса α зажатого клина для его расклинивания необходимо приложить силу выталкивания Q_B .

Механизмы и конструкции, в основе которых лежит клин, часто подвергаются различным динамическим нагрузкам. По этой причине параметры, обеспечивающие самоторможение, могут измениться и привести к аварии. В процессе обработки статическое трение под действием сил резания ослабевает, и при известных условиях возможно саморасклинивание. Для того чтобы этого не происходило, в расчеты вводят показатель запаса самоторможения K , в конструкции применяют различные подпирющие устройства. Всё это ведёт к увеличению металлоёмкости и усложнению конструкции. Это объясняется тем, что при проектировании клиновых соединений не учитывается влияние контактного взаимодействия поверхностей.

Для того чтобы оценить влияние контактного взаимодействия поверхностей клинового соединения на процесс расклинивания, можно воспользоваться зависимостями для определения тангенциальных и нормальных упругих контактных смещений, как в статических условиях, так и при динамическом возбуждении. По наклонной верхней поверхности соединения будут наблюдаться смещения в тангенциальном и в нормальном направлениях. Проводить учёт влияния нормальных контактных колебаний на процесс взаимодействия нет смысла, потому что в данном случае их влияние на процесс составляет не более 4%. На плоской поверхности клина будут происходить контактные колебания только в тангенциальном направлении.

При анализе процессов, происходящих на поверхностях клинового соединения, принимается схема нагружения, при которой $P \sin \omega t$ - вынуждающее динамическое усилие, изменяющееся по гармоническому закону, совпало с силой выталкивания Q_B . Динамическая составляющая уменьшает общую силу саморасклинивания стыка.

Для определения общей силы Q_B^* используется методика определения упругих касательных контактных смещений в условиях динамического нагружения по обеим поверхностям клинового соединения.

По разрабатываемой динамической модели контактного взаимодействия рассчитывается амплитудное значение контактного смещения $\Delta^*(t)$.

С учетом Δ^* определяется амплитудное значение нагрузки, вызывающей это смещение P^* по обеим поверхностям $P_1^*(\Delta_1^*)$ и $P_2^*(\Delta_2^*)$ с помощью формулы:

$$P_i^*(\Delta_i^*) = f_i N_i \left[1 - \left(1 - \frac{\Delta_i^*}{\Delta_{Pi}} \right)^{\frac{2\nu_i + 1}{2}} \right].$$

Индекс $i = 1, 2$ указывает для какой поверхности клина (наклонной или прямой) происходит определение динамической составляющей силы выталкивания.

f - коэффициент трения;

N - сила поджатия.

Суммарная сила выталкивания, вызывающая расклинивание соединение, определяется:

$$Q_B^* = Q_B - (P_1^*(\Delta_1^*) + P_2^*(\Delta_2^*)).$$

Анализ расчетов общей силы саморасклинивания стыка с учетом динамической составляющей проводится при изменении какого-либо одного из параметров при сохранении прочих равных условий контактирования (рисунок 1).

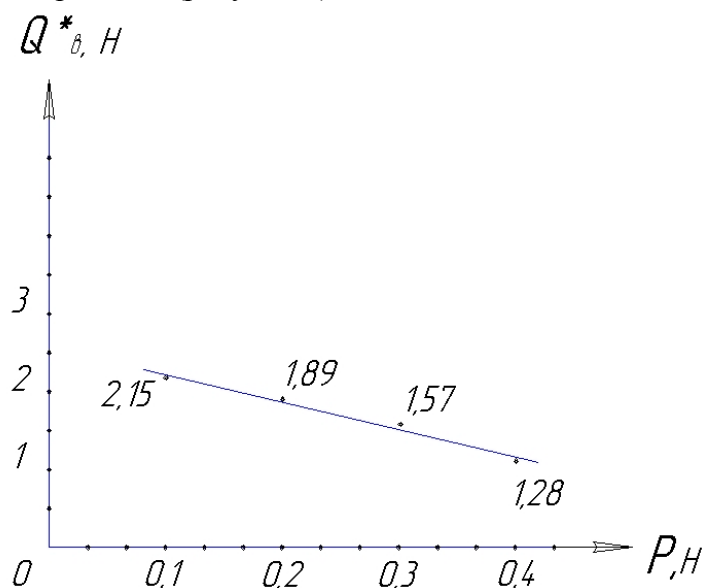


Рисунок 1. Зависимость Q_B^* от изменения величины возмущающей силы P клинового соединения для стали 3 при $\omega = 500 \text{ с}^{-1}$

Таким образом, можно заключить, что общее усилие, вызывающее раскрытие стыка, при действии динамического возбуждения будет меньше, чем Q_B при статических условиях работы соединения.

На основе создаваемой динамической модели механического контакта при тангенциальных вынужденных колебаниях разрабатывается метод расчета динамических параметров условно-неподвижных соединений. Уточненный расчет необходим при проектировании ответственных соединений машиностроительных конструкций.

ТАНГЕНЦИАЛЬНЫЕ КОНТАКТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ГЛАДКИХ И ШЕРОХОВАТЫХ ТЕЛ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ УДАРНЫХ НАГРУЗОК

Химчинский С.Ю. – аспирант

Ушакова И. – студент гр. ДПМ-81

Максименко А.А. – научный руководитель

В условиях рыночной экономики основным фактором той или иной отрасли является конкурентоспособность выпускаемых машин и механизмов. Важен вопрос о надёжности уже имеющихся конструкций, поиск оптимальных сочетаний характеристик соединений. И всё это зависит от контактной жёсткости и прочности сочленений машин, что особенно актуально при их работе в условиях различного сочетания динамических нагрузок.

Контактные перемещения значительно изменяют частоты собственных и вынужденных колебаний сопрягаемых деталей машин и механизмов, смягчают ударные нагрузки. Поэтому вопросы, связанные с контактным взаимодействием деталей являются весьма актуальными, особенно для точного приборостроения и прецизионного машиностроения и определяют долговечность эксплуатации механизма.

Для того, чтобы оценить тангенциальные контактные смещения при сложном динамическом нагружении, взято решение по расчету контактных деформаций гладких и шероховатых сфер при тангенциальном ударе. Теоретической моделью работы является решение Миндлина для гладких сфер и исследования Максака для шероховатых сфер и поверхностей.

Зависимость нагрузки P от смещения Δ имеет вид:

$$P = f \cdot N \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\Delta}{\Delta_p} \right)^{3/2} \right]$$

где f - коэффициент трения покоя; N - нормальное усилие поджатия;

Δ_p - предельное смещение от усилия P , которое определяется для гладкой сферы, сжатой с гладкой жесткой плоскостью, из выражения :

$$\Delta_p = \frac{3 \cdot (2 - \mu) \cdot f \cdot N}{16 \cdot G \cdot a},$$

где μ - коэффициент Пуассона; G - модуль сдвига сферы;

a - радиус пятна контакта от действия силы N . Радиус пятна контакта вычисляется по формуле Герца:

$$a = \left[\frac{3 \cdot (1 - \mu^2) \cdot N \cdot R}{2 \cdot E} \right]^{1/3},$$

Для расчета предельного смещения в случае контакта шероховатой сферы с плоскостью необходимо воспользоваться выражением:

$$\Delta_p = \frac{(2 - \mu) \cdot \delta \cdot f}{2 \cdot (1 - \mu)},$$

где δ - сближение между шероховатой сферой и гладкой плоскостью.

Движение сферы от тангенциального ударного импульса на первом этапе описывается дифференциальным уравнением :

$$m \cdot \ddot{\Delta} + \bar{\Phi}(\Delta) = 0,$$

где m - масса сферы; $\Phi(\Delta)$ - нелинейная функция координаты Δ , характеризующая восстанавливающую силу.

Решение этого уравнения представляется полиномом Тейлора с разложением в степенной ряд. При этом уравнение приобретает вид:

$$\ddot{\Delta} = -\frac{\bar{\Phi}(\Delta)}{m} = \bar{\Phi}_1(\Delta),$$

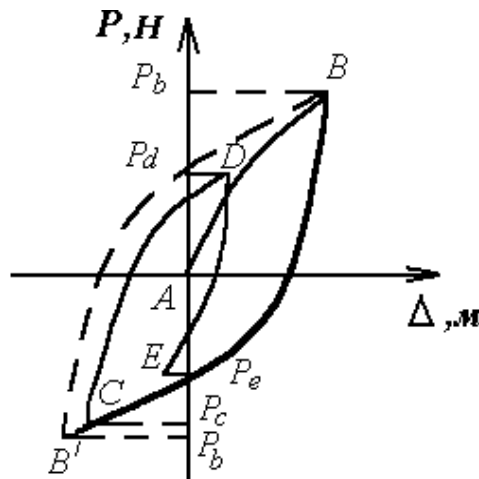


Рисунок 1. Петля механического гистерезиса.

При циклическом нагружении сжатых тел переменной сдвигающей силой, не превышающей по величине силу трения покоя, зависимости в координатах $P - \Delta$ образуют петлю гистерезиса (рисунок 1), ветви, которой описываются уравнениями:

$$\overset{\leftrightarrow}{P} = f \cdot N \cdot \left[\mp 2 \cdot \left(1 - \frac{\overset{\leftrightarrow}{\Delta} \pm \Delta}{2 \cdot \Delta_p} \right)^{3/2} \pm \left(1 - \frac{\overset{\leftrightarrow}{\Delta}}{\Delta_p} \right)^{3/2} \pm 1 \right]$$

где \overleftrightarrow{P} , $\overleftrightarrow{\Delta}$ - текущие значения касательных сил и смещений, соответствующие нисходящей (\leftarrow) и восходящей (\rightarrow) ветвям петли;

Δ^* - амплитудное значение смещения; Δ_p - предельное смещение;

f - коэффициент трения покоя;

N - нормальное усилие поджатия.

На основе создаваемой динамической модели контакта поверхностей при тангенциальных контактных колебаниях разрабатывается метод расчёта параметров соединений.

РАСЧЕТ ПОВРЕЖДЕННОСТИ ЖАРОПРОЧНОГО СПЛАВА В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОГО МАЛОЦИКЛОВОГО НАГРУЖЕНИЯ

Фроловский М.В. – аспирант

Куранаков С.Я. – научный руководитель

Представлен метод расчета элементов конструкций при нестационарных изотермомеханических режимах нагружения и сложном напряженном состоянии с учетом влияния ползучести.

Оценка долговечности в условиях усталости при малом числе циклов нагружения связана с решением двух задач. С одной стороны необходимо построить зависимости между напряжениями и деформациями для идентификации петель макропластического гистерезиса и длины пути одностороннего пластического деформирования. С другой стороны нужно рассчитать поврежденность на каждом этапе деформирования и определить число циклов, а иногда и длину пути пластического деформирования до момента полного разрушения.

Процесс разрушения любого твердого тела, как правило, разбивается на две основные стадии: стадию развития повреждений, рассеянных (диссеминированных) по множеству микроскопических объемов и стадию одной или ряда магистральных трещин, приводящих к разрушению сплошности тела и в дальнейшем к его полному разрушению. В определенных условиях стадия роста магистральной трещины не продолжительна по сравнению со стадией диссеминированных повреждений.

Для расчета повреждений малоциклового усталости Π ($0 \leq \Pi \leq 1$) применяется феноменологические уравнения накопления повреждений энергетического типа, разработанное на кафедре сопротивления материалов СПбГПУ, которое учитывает как накопление односторонних вязкопластических деформаций до и после стабилизации петли, так и изменение самой петли гистерезиса

$$\Pi(N) = \frac{\bar{\sigma}_{\max}(N)}{\bar{\sigma}_p} + \sum_{\kappa=1}^N \varphi\left(\frac{\omega_{\kappa}}{\omega_p}\right) + \sum_{\kappa=1}^N f\left(\frac{\Omega}{\omega_p}\right) \quad (1)$$

где $\bar{\sigma}_{\max}$ - максимальное (главное) напряжение на момент определения повреждения; $\bar{\sigma}_p$ - истинное сопротивление разрыву; N - число циклов нагружения; ω - площадь расчетной петли пластического гистерезиса за цикл; Ω - работа односторонне накопленной пластической деформации в цикле; ω_p - площадь под кривой статического разрушения.

Функциональные параметры $\varphi\left(\frac{\omega}{\omega_p}\right)$ и $f\left(\frac{\Omega}{\omega_p}\right)$ находятся из опытов на малоцикловую

усталость при линейном напряженном состоянии. Параметр $\varphi\left(\frac{\omega}{\omega_p}\right)$ определяется по кривой

усталости при частоте нагружения 3-5 цикл/мин, когда отсутствует одностороннее накопление вязкопластических деформаций. Второй функциональный параметр $f\left(\frac{\Omega}{\omega_p}\right)$ определяет

ся по кривой усталости при частоте нагружения 0,25-0,45 цикл/мин, когда функция $\varphi\left(\frac{\omega}{\omega_p}\right)$ считается уже известной.

В случае сложного напряженного состояния величины ω и Ω определяются как суммы их значений по всем компонентам девиатора напряжений за цикл, то есть

$$\omega = \sum_{i,j} \omega_{ij}, \quad \Omega = \sum_{i,j} \Omega_{ij}. \quad (2)$$

Для построения диаграмм пластического деформирования предлагается следующая зависимость между компонентами девиаторов напряжений S_{ij} и деформаций e_{ij}

$$e_{ij} = \frac{1+\nu}{E} S_{ij} + \frac{3}{2} e^{\frac{\sigma - \sigma_m - K}{L}} \cdot \frac{S_{ij}}{\sigma_i} + \frac{3}{2} \int_0^{\tau} f\left(\frac{\sigma_i}{\sigma_{i*}}\right) \cdot \varphi[\Pi(\theta)] \frac{S_{ij}}{\sigma_i} d\theta, \quad (3)$$

где ν – коэффициент Пуассона.

В третье слагаемое, учитывающее влияние ползучести, вводится параметр поврежденности. Для расчета меры повреждения используется кинетическое уравнение силового типа, отвечающее принципу линейного суммирования повреждений

$$\Pi = \int_0^{\tau} \frac{1}{C_0} \exp \frac{\sigma_{\vartheta}}{A_0} d\tau, \quad (4)$$

где σ_{ϑ} – эквивалентное напряжение, которое подбирается из условия совпадения кривых длительной прочности при различных напряженных состояниях в координатах $\sigma_{\vartheta} - \lg \tau_p$; A_0 и C_0 - экспериментальные данные.

Анализ наиболее распространенных критериев разрушения показывает, что наиболее приемлемой формой выражения эквивалентного напряжения является та, которая соответствует критерию Писаренко-Лебедева и определяется из соотношения

$$\sigma_{\vartheta} = \chi \sigma_i + (1 - \chi) \sigma_1, \quad (5)$$

где σ_1 – главное напряжение; σ_i – интенсивность напряжений; χ – величина, характеризующая степень участия в макроразрушении сдвиговой деформации, создающей благоприятные условия для разрыхления материала и образования трещин.

Результаты расчета меры повреждений по уравнениям (1) и (4) сравнивались с данными, полученными на тонкостенных трубчатых образцах сплава ХН65ВМТЮ при нестационарных режимах симметричного циклического нагружения. Частоты нагружения 3-5 и 0,25-0,45 цикл/мин либо чередовались на каждой ступени, либо частота оставалась постоянной, но при этом менялось максимальное напряжение. Анализ расчетных значений меры повреждений на момент фактического разрушения образцов позволяет заключить, что уравнение силового типа (4) менее точно, чем уравнение повреждений энергетического типа (1).

Уравнения энергетического типа (1) может использоваться в расчетной практике, в частности при оценке долговечности элементов конструкций, работающих в условиях сложного циклического нагружения сталей и сплавов при высоких температурах.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЧАСТОТЫ НАГРУЖЕНИЯ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЖАРОПРОЧНОГО СПЛАВА

Куранаков С.Я.

Представлены результаты экспериментального исследования жаропрочного сплава ХН65ВМТЮ (ЭИ893) при симметричном мягком режиме нагружения в условиях малоцикло-вой усталости и высокой температуры.

Все опыты проводились на тонкостенных трубчатых образцах с толщиной стенки 1 мм и рабочей длиной 50 мм. Размеры рабочей части назначались исходя из требований обеспечения однородного напряженного состояния в его стенке. Допуск на разностенность по диаметру образца составлял 0,03 мм.

Во время эксперимента поддерживалось постоянное истинное напряжение, для чего производилась корректировка усилий в машине по мере изменения площади поперечного сечения образца. Частота нагружения образцов составляла 0,25–0,45 и 3–5 циклов в минуту. В первом случае частота задавалась таким образом, чтобы возникали деформации ползучести, во втором случае – заметные деформации ползучести не успевали развиваться.

В результате проведенных испытаний при линейном напряженном состоянии установлено, что при частоте нагружения 3–5 цикл/мин сплав ХН65ВМТЮ является циклически разупрочняющимся материалом, но это свойство выражено слабо. Нестабильность пластического гистерезиса наблюдалась на первых и последних 5–10 циклах нагружения, то есть ширина петли несколько больше среднего значения.

Одностороннее накопление пластических деформаций в этих условиях практически отсутствовало.

Испытания при частоте 0,25–0,45 цикл/мин в условиях линейного напряженного состояния дали несколько другую картину деформирования материала. В этих условиях сплав ведет себя как материал с ярко выраженными свойствами разупрочнения. На первых 5–10 циклах петля гистерезиса несколько сужается и в дальнейшем происходит интенсивное увеличение ширины петли до момента полного разрушения. Кроме этого имеет место и так называемая циклическая ползучесть, в результате которой наблюдается постепенное перемещение петли гистерезиса. Это явление обычно связывают с различным очертанием диаграммы деформирования в полуциклах растяжения и сжатия, вследствие чего в каждом цикле появляется некоторое приращение пластической деформации.

Дополнительно было испытано 5 образцов, в которых напряжение задавалось в условных значениях. Частота нагружения составляла 0,25–0,45 цикл/мин. Установлено, что условные значения значительно снижают долговечность материала по сравнению с испытаниями в заданных значениях напряжений.

Кроме испытаний при линейном растяжении-сжатии были проведены опыты и на плоское напряженное состояние (растяжение-сжатие с кручением). Этот вид напряженного состояния создавался в образце при помощи специального приспособления. Отношение касательного напряжения к нормальному составляло 0,77.

При интенсивностях напряжений больших 640 МПа и частоте 0,25–0,45 цикл/мин образцы теряли устойчивость при сжатии с кручением на первом же цикле нагружения. Это связано с интенсивным накоплением пластических деформаций.

Судя по полученным результатам как при линейном, так и при плоском напряженном состоянии можно сделать вывод, согласно которому с понижением максимального напряжения в цикле кривые усталости, относящиеся к различным частотам нагружения, сходятся.

Кроме того, частота нагружения значительно влияет на долговечность материала. Это можно объяснить тем, что при низких частотах нагружения происходит интенсивное накопление повреждений «статической усталости», связанных с процессом ползучести, причем эти повреждения накладываются на повреждения «циклической усталости», связанных с периодической сменой напряжения. В случае высокой частоты нагружения повреждения «статической усталости» оказываются меньше при сопоставимых мерах циклов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ СКОРОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ УПРУГОГО РОТОРА НА УПРУГО ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ОПОРАХ

Бусыгин В.Г.

Расчет критических скоростей вращения упругого ротора на жестких опорах широко освещен в специальной литературе. Однако существуют конструкции, в которых вал опирается на упругие опоры, причем податливость опор настолько велика, что расчет критических скоростей без учета податливости опор приводит к недопустимо большой погрешности.

В настоящей работе рассматривается массивный упругий ротор, опирающийся на две линейно упругие опоры. Специфической особенностью задачи является то, что опоры ротора, закрепленные на податливом корпусе, взаимодействуют между собой, т.е. реакции одной опоры вызывают перемещения другой опоры.

В разработанной математической модели приняты следующие допущения:

- 1) пренебрегаем осевыми перемещениями ротора;
- 2) прогибы оси ротора и перемещения опор пренебрежимо малы по сравнению с длиной вала;
- 3) реакция опоры в направлении одной из главных центральных осей поперечного сечения ротора вызывают перемещения в направлении другой главной центральной оси;
- 4) изгибная жесткость ротора относительно главных центральных осей поперечного сечения ротора одинакова;
- 5) материал корпуса и ротора работают в упругой стадии и подчиняются закону Гука;
- 6) масса корпуса не влияет на параметры колебаний ротора.

Эквивалентная схема ротора представляет собой упругий вал с расположенными на нем массивными дисками, количество которых может быть произвольным. Таким образом, рассматривается система с конечным числом степеней свободы.

Критические скорости вращения, если пренебречь гироскопическими моментами, совпадают с собственными частотами поперечных колебаний многодисковой системы. При небольшом числе масс (меньшем 10) спектр частот целесообразно определять матричным методом, используя стандартную процедуру пакета MathCAD.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ВИБРАЦИЙ БАРАБАНА ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ СОЛОМЫ 56.707 СБ

Хаменский А.С. - студент гр. ДПМ-81,
Бусыгин В.Г. - научный руководитель

Измельчитель соломы 56.707 СБ представляет собой сельскохозяйственный агрегат, прикрепляемый сзади к зерноуборочному комбайну. Вращающаяся часть агрегата (барабан) выполнена в виде тонкостенной трубы, на которой неподвижно закреплены металлические пластинки-ножи. Опыт эксплуатации показывает, что в процессе работы агрегат подвержен сильным вибрациям, приводящим иногда к искривлению вала и поломке ножей.

В данной работе предпринята попытка теоретического анализа причин вибраций. Естественно предположить, что причиной сильных вибраций является совпадение номинальной скорости вращения барабана с одной из критических скоростей. При условии пренебрежения гироскопическим эффектом критические скорости определяются как частоты собственных поперечных колебаний упругого ротора.

Расчетная схема представлена в виде упругого вала с девятью точечными массами, величины которых определяются путем приведения масс участков барабана к одному из заранее выбранных сечений вала. Шкив также представлен сосредоточенной массой. Предполагается, что вал опирается на две жесткие опоры. Задача определения спектра собственных поперечных колебаний приведенной схемы с девятью степенями свободы решалась матричным методом с использованием пакета MathCAD. Разработанная программа позволяет исследо-

вать влияние на величины критических скоростей отклонений параметров системы (масс ножей и шкива, их расположения и т.п.) от проектных значений.

Результаты расчетов показывают значительное влияние диаметра трубы и толщины ее стенки на критические скорости, что подтверждается экспериментальными данными. Наименьшая критическая скорость оказалась по результатам расчета несколько выше номинальной скорости вращения, что можно объяснить не учтенным влиянием податливости корпуса измельчителя, выполненного из листовой стали. Предположение о том, что податливость опор является одной из главных причин повышенных вибраций агрегата, требует уточнения математической модели и проведения дальнейших исследований.

ПОДСЕКЦИЯ «ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ»

ШТАМП ДЛЯ БЕЗОБЛОЙНОЙ ШТАМПОВКИ ПОКОВОК ИЗ ТРУДНОДЕФОРМИРУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Балахнев И.А. – студент гр. ОМД – 92
Поксеваткин М.И. – к.т.н., профессор

Изобретение относится к кузнечно-штамповочному производству и предназначено для штамповки поковок удлиненной формы с утолщениями и боковыми отрогками.

Предлагаемым изобретением решается задача повышения жесткости и надежности штампа для безоблойной штамповки поковок из труднодеформируемых материалов.

Для достижения этого технического результата в штампе для безоблойной штамповки поковок из труднодеформируемых материалов стойки выполнены с двухсторонними противолежащими клиновыми скосами, а под матрицей размещен введенный в штамп упругий элемент, величина максимального сжатия которого при усилии, соответствующем усилию зажима полуматриц в стойках, равна величине опускания матрицы при штамповке.

Углы скосов стоек и размеры оснований стоек определяются из условия:

$$l_p \geq \frac{h_p - h_{кр}}{\operatorname{tg} \alpha},$$

где l_p - расчетное расстояние от оси матрицы до узла крепления стойки к опорной плите; h_p - расстояние от плоскости, совмещенной с опорными поверхностями стоек, до середины высоты ручья матрицы при её нижнем положении; $h_{кр}$ - высота узла крепления стойки к опорной плите относительно опорной поверхности стойки; α - угол скоса контактирующей с матрицей поверхности стойки.

Повышение жесткости и надежности штампа для безоблойной штамповки поковок обеспечивается: во-первых, выполнением стоек с двухсторонними противолежащими клиновыми скосами и клиновым креплением больших оснований стоек к опорной плите; во-вторых, введением упругого элемента в качестве амортизирующего устройства для предохранения пресса и штампа, особенно деформирующего пуансона, от перегрузки.

Штамп для безоблойной штамповки поковок из труднодеформируемых материалов работает следующим образом:

В исходном положении штампа матрица свободно опирается на упругий элемент 7, обеспечивая ионное смыкание полуматриц 2. В образованный полуматрицами 2 ручей устанавливается заготовка. При движении пуансона 1 вниз заготовка деформируется. Одновременно под действием усилия штамповки матрица опускается по клиновым скосам стоек 4, преодолевая сопротивление упругой деформации системы «стойки — матрица» и упругого элемента 7. По мере опускания матрицы увеличивается усилие зажима полуматриц 2, достигая регламентированного значения в момент доштамповки при расчетной величине опускания матрицы. Этому моменту соответствует максимальное сжатие упругого элемента 4, ограничивающего дальнейшее опускание матрицы.

После штамповки матрица возвращается в исходное положение в результате обратного пружинения упругого элемента 7, а затем толкателем 8 поднимается до упорных кронштейнов 9. При этом обеспечивается образование полости между полуматрицами 2, достаточной для свободного удаления поковки. В процессе подъема матрицы торец выталкивателя 3, перемещаясь по скосу в пазу стойки 4, выталкивает поковку в полость между полуматрицами 2. Под действием собственного веса поковка через пустотельный толкатель 8 попадает в бункер.

Таким образом, противодействие упругого элемента 7 ограничивает опускание матрицы до величины, соответствующей необходимому зажиму полуматриц 2. Это исключает заклинивание матрицы между стойками 4, что позволяет существенно снизить износ наклонных поверхностей стоек 4 и матрицы и облегчает подъем матрицы после штамповки, так как в результате обратного пружинения упругого элемента 7 матрица возвращается в исходное положение.

ние. Кроме того, использование упругого элемента 7 в качестве амортизирующего устройства предохраняет от перегрузки пресс и штамп, особенно - деформирующий пуансон 1.

Расчёт параметров упругого элемента 7 осуществляется в следующем порядке. В начале определяется необходимая для зажима матрицы величина её опускания по клиновым скосам стоек 4.

Усилие зажима может быть найдено из соотношения:

$$P_{\text{зж}} = \sigma_y \cdot S_{\text{зж}}, (2)$$

где $P_{\text{зж}}$ - усилие зажима полуматриц 2; $S_{\text{зж}}$ - площадь поверхности зажима полуматриц 2; σ_y - предел упругости материала полу матриц 2, определяемый согласно закону Гука:

$$\sigma_y = \varepsilon \cdot E, (3)$$

где ε - степень упругой деформации полуматриц 2 до штамповки; E - модуль упругости материала полуматриц 2.

Степень упругой деформации определяется из выражения:

$$\varepsilon = \frac{B_H - B_K}{B_H} = \frac{l_{\text{оп}} \cdot \text{tg}\alpha}{B_H}, (4)$$

где B_H - размер поперечного сечения полуматрицы 2 до штамповки; B_K - размер поперечного сечения полуматрицы 2 после штамповки; $l_{\text{оп}}$ - величина опускания матрицы; α - угол скоса контактирующей со стойкой 4 поверхности матрицы.

С учётом формул (2) и (3) из формулы (4) получают

$$l_{\text{оп}} = \frac{B_H \cdot P_{\text{зж}}}{S_{\text{зж}} \cdot E \cdot \text{tg}\alpha}, (5)$$

Как известно, усилие зажима полуматриц 2 при штамповке в матрицах с вертикальным разъемом достигает 75 - 100% от усилия ($P_{\text{шт}}$) штамповки (Атрошенко А. Л. и Фёдорова В. И. Горячая штамповка труднодеформируемых материалов. - Л.: Машиностроение, 1919, 146 с, третий абзац снизу).

Тогда формула (5) для расчёта необходимого для зажима полуматриц опускания матриц примет вид:

$$l_{\text{оп}} = \frac{0.75 \cdot B_H \cdot P_{\text{шт}}}{S_{\text{зж}} \cdot E \cdot \text{tg}\alpha},$$

По расчётной величине опускания матрицы и усилию зажима выбираются параметры упругого элемента 7.

Применение конструкции стоек 4 в виде усечённых пирамид с двумя противоположными клиновыми скосами и клиновым креплением больших оснований, рассчитанные из условия (1), обеспечивают направление векторов равнодействующих распорных усилий, приложенные к середине высоты ручья матрицы в момент доштамповки, не выше узла 5 крепления стоек 4 к опорной плите штампа, что исключает возникновение опрокидывающего момента стоек 4 в результате действия распорных усилий в процессе штамповки и, тем самым, повышает жесткость и надёжность штампа.

Пример расчёта элементов штампа.

1 Расчёт параметров упругого элемента.

При штамповке тройника с диаметром корпуса равным 32 мм из стали марки О8Х18Н9Т расчётное усилие штамповки составило 420 тс. Размер поперечного сечения полуматрицы 2 до штамповки равен 70 мм; угол скоса боковых поверхностей $\alpha = 7^\circ$; модуль упругости стали $E = 2,1 \cdot 10^4 \text{ кг/мм}^2$; площадь поверхности зажима полуматриц 2 составляет 2800 мм.

По формуле (6) находим:

$$l_{\text{оп}} = \frac{0.75 \cdot 70 \cdot 4.2 \cdot 10^5}{2800 \cdot 2.1 \cdot 10^4 \cdot 0.12} = 3.125 \text{ мм.}$$

По величине максимального сжатия упругого элемента, равному величине ($l_{\text{оп}}$) опускания матрицы при штамповке, и усилию зажима полуматриц $P_{\text{зж}} = 0,75$; $P_{\text{шт}} = 315$ тс с учётом кон-

структивных размеров штампа выбираем, например, упругий элемент в виде комплекта тарельчатых пружин.

2 Расчёт опорных элементов штампа.

По конструктивным соображениям расстояние от опорной поверхности стойки 4 до середины высоты ручья матрицы в конце штамповки составила $h_p = 86$ мм; высота узла крепления стойки $h_{кр} = 64$ мм; угол скоса контактирующих с матрицей поверхностей стоек $\alpha = 7^\circ$.

По формуле (1) определяем:

$$l_p = \frac{86 - 64}{0,12} = 178,8 \text{ мм}$$

Принимаем $l_p = 180$ мм. С учётом найденных ранее конструктивных элементов штампа рассчитываются размеры оснований стоек 4.

Таким образом, применение стоек в виде усечённых пирамид с двумя противоположными клиновыми скосами с клиновым креплением больших оснований к опорной плите штампа, рассчитанные из условия обеспечения наибольшей жесткости конструкции штампа, и введение упругого элемента в качестве регламентирующего величину опускания матрицы и, кроме того, амортизирующего устройства позволяют существенно повысить жесткость и надёжность штампа.

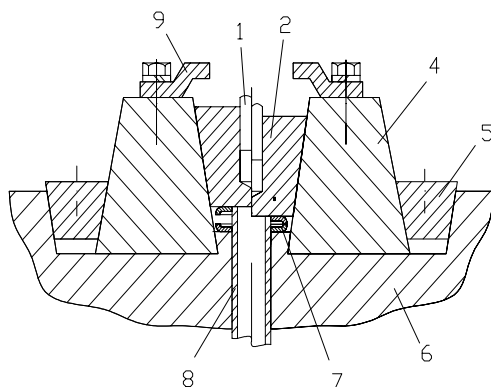


Рисунок 1: Штамп для безоблойной штамповки

НОВЫЙ СПОСОБ ШТАМПОВКИ ИЗДЕЛИЙ ТИПА КРЕСТОВИН

Овчаров Г.А. - студент гр. ОМД-01
Штильников А.А. - студент гр. ОМД-02
Поксеваткин М.И. – к.т.н., профессор

В автомобильной промышленности России ежегодно изготавливают свыше 5 млн. крестовин. Штамповка изделий в открытых штампах сопровождается большим отходом металла в облой (до 20% от массы заготовки) и существенным снижением качества деталей в результате перерезания волокон при удалении облоя.

Более прогрессивным способом штамповки изделий сложной конфигурации с радиальными отростками является штамповка в зажимных матрицах с горизонтальным разъемом. Такой способ позволяет получать поковки типа крестовин повышенного качества. Однако несмотря на прогрессивность способа штамповки выдавливанием с горизонтальной плоскостью разъема матриц он пока не получил распространения в производстве в связи с малой изученностью процесса.

При штамповке в зажимных матрицах необходимо обеспечить закрытие матриц до начала деформирования заготовки, полное их сжатие на протяжении всего процесса формообразования изделия и своевременное размыкание матриц при обратном ходе ползуна прессы.

Недостаточное сжатие матриц ведёт к образованию заусенца в плоскости разъёма и интенсивному износу кромок ручья матриц. В этом случае процесс теряет своё преимущество перед облойной штамповкой.

Известно несколько способов штамповки изделий с радиальными отростками.

Способ штамповки поковок типа крестовин в штампе с горизонтальным разъемом матриц, заключающийся в нагреве заготовки, размещении ее между пуансонами в штампе и однопереходной штамповке. Сжатие матриц осуществляют с помощью упругих элементов с упором в нижнюю плиту, а выдавливают металл пуансоном, установленным в верхней плите (см. книгу Соколова Н.Л. Горячая штамповка выдавливанием стальных деталей. М., Машиностроение, 1967, с. 143).

Известен способ штамповки изделий с радиальным элементом (см. а.с. СССР N 676374 по МКИ В 21 К 13/02 от 28.10.77), заключающийся в нагреве заготовки, размещении ее в инструменте и последующем деформировании. Однако по известному способу выдавливание металла в радиальную полость осуществляют последовательно из верхней, а затем из нижней матриц, что создает большую неравномерность деформации. При формировании радиального элемента путем осадки набранного металла возникают встречные потоки металла из основной и радиальной полостей, что ведет к образованию дефектов в виде зажимов и складок в местах сопряжения полостей (см. книгу Атрошенко А.П. и Федорова В.И. Горячая штамповка труднодеформируемых материалов. Л., Машиностроение, 1979, с. 269, второй абзац снизу и стр. 270, рис. 9.4).

Известен также способ штамповки изделий, заключающийся в зажатии заготовки матрицами и последующем обжиге участка заготовки двумя пуансонами с вытеснением металла в радиальные полости (см. а.с. СССР N 568341 по МКИ В 21 К 1/52 от 18.07.77). При реализации известного способа возникает большая вероятность образования застойных зон и связанных с ними дефектов, поскольку осуществляют одностороннее заполнение радиальных полостей в результате поперечного обжима участка заготовки, находящегося между радиальными полостями. Кроме того, при этом неизбежно вытекание металла в зазор между деформирующими поверхностями пуансонов.

Известен способ штамповки поковок типа крестовин, включающий нагрев заготовки, размещение ее в разъемных матрицах и однопереходном деформировании (см. "Технологический справочник по ковке и объемной штамповке" под ред. М.В. Сторожева Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы", Москва, 1959 г. стр. 645, 646).

Недостатком известного способа является то, что при реализации этого способа в процессе заполнения радиальных полостей осуществляют одностороннее выдавливание металла из контейнера верхней матрицы. В результате металл течет преимущественно вдоль донной поверхности нижней матрицы, вызывая большую неравномерность деформации и вероятность образования застойных зон.

Общим недостатком способов изготовления крестовин является то, что заполнение радиальных полостей по известным способам осуществляется путём одностороннего выдавливания металла из полости одной из матриц. В результате металл течёт преимущественно вдоль данной поверхности противоположной матрицы, вызывая большую неравномерность деформации и вероятность образования застойных зон, что ведёт к возникновению дефектов в виде зажимов и складок. К названным дефектам приводят так же малые радиусы сопряжений между фланцем и радиальными элементами, наличие горизонтальных участков на фланце со стороны радиальных отростков. Зажимы и складки могут возникать также из-за большой шероховатости поверхности, острых торцевых и боковых кромок заготовки при отношении высоты к диаметру более 2,5.

Большое влияние на качество изделий и стойкость штампов оказывает размер компенсационной полости: слишком малое сечение компенсационной полости ведёт к перегрузке штампа и вызывает вероятность выхода металла в разъем между матрицами с образованием заусенца, завышенное сечение компенсатора приводит к недозаполнению полости штампа.

Полученная модель заполнения полости штампа позволяет рационализировать размер компенсационной полости в зависимости от геометрических параметров полости штампа и изделия.

Постановка задачи: 1) В процессе формирования радиальных элементов крестовины необходимо обеспечить равномерное выдавливание металла одновременно из обеих матриц; 2) рационализировать размер компенсационных полостей из условий хорошей заполняемости полости штампа, минимизация объёма избытка металла и величины распорных напряжений (усилий).

Предполагаемые подходы к решению. Чтобы обеспечить равномерное выдавливание металла из обеих матриц в процессе формирования радиальных отростков крестовины необходимо установить упругие элементы матриц одинаковой жёсткости, а заготовку разместить в полости штампа таким образом, чтобы в момент контакта подвижного (верхнего) пуансона с заготовкой плоскость разъёма матриц совмещалась с плоскостью, делящей заготовку на верхнюю и нижнюю части соответственно объёмам изделия над и под плоскостью разъёма штампа. В результате образования самоустанавливающейся системы пуансоны – матрицы возникает двустороннее попутное течение металла в радиальные полости штампа, исключая появление дефектов в виде зажимов, складок, что обеспечивает высокое качество и точность изделий.

Для реализации предлагаемого способа штамповки крестовин разработан штамп, показанный на рис. 1 и 2: на рис. 1 слева - исходное положение штампа и размещение заготовки в полости штампа, справа - момент контакта верхнего пуансона с заготовкой и смыкания матриц; на рис. 2 слева - момент заполнения радиальных полостей, справа - момент окончания штамповки.

Реализация предлагаемого способа осуществляется следующим образом.

В исходном положении штампа (рис. 1 слева) заготовка 5 подается в контейнер нижней матрицы 6 и укладывается на торец нижнего пуансона (выталкивателя) 9, опирающегося на плиту 10. При перемещении верхнего пуансона 1 и жестко связанной с ним верхней плиты 2 последняя через упругий элемент 3 воздействует на верхнюю матрицу 4, которая в момент контакта пуансона с заготовкой 5 смыкается с нижней матрицей 6 (см. рис. 1 справа), образуя полость 7.

Штамп настроен таким образом, что в момент контакта пуансона 1 с заготовкой 5 (см. рис. 1 справа) плоскость разъема матриц совмещается с плоскостью, делящей заготовку 5 на верхнюю и нижнюю части соответственно объемам поковки 7 над плоскостью разъема штампа и под ней. Поскольку упругие элементы 3 и 8 имеют одинаковую жесткость, это совмещение сохраняется на протяжении всего процесса формирования поковки, при этом скорость движения пуансона 1 и плиты 2 вдвое превышает скорость перемещения заблокированных матриц 4 и 6, а относительные (к соответствующим матрицам) скорости перемещения пуансона 1 и выдвигания пуансона 9 одинаковы (см. рис. 2 слева).

В связи с инерционностью заблокированных матриц окончательное их положение в момент доштамповки фиксируется упором 11, жестко связанным с верхней плитой 2.

В предлагаемом способе после формирования радиальных отростков 5 избыток металла 12 вытесняется в компенсационные полости 13 (см. рис. 2 справа).

В результате образования двухстороннего попутного течения металла в радиальные полости из обеих матриц исключается возникновение дефектов в виде зажимов, складок, т.е. существенно повышается качество изделий.

Пример. На опытном штампе из стали 12ХНЗА при температуре 1000°С отштампована партия поволоков крестовин размером: диаметр ступицы 32 мм, ее высота 24 мм, диаметр и длина отростков 18 мм, радиусы сопряжений 2 мм. Диаметр заготовки 30 мм, высота 52 мм.

В штампе установлено два пакета тарельчатых пружин одинаковой жесткости, один из которых связан с верхней, другой - с нижней матрицами. Усилия сжатия пружин составляли 10% и 30% от усилий штамповки в начальный и конечный моменты формообразования отростков поковки (см. книгу А.П.Атрошенко, В.И.Федорова. Горячая штамповка труднодефор-

мируемых материалов. Л., Машиностроение, 1979, с. 146, третий абзац снизу), т.е. величина зажима матриц составляла соответственно 3,6 т и 23 т.

Штамповку осуществляли на прессе КБ0034В усилием 50 т. Избыток металла, составляющий 1,5% от объема заготовки, удаляли в компенсационные полости диаметром 4 мм.

Полученные поковки имели точные размеры с четким заполнением углов и гладкую поверхность, дефекты в виде зажимов и складок отсутствовали. Исследование макроструктуры показало, что структура поковок в местах сопряжений отрезков со ступицей однородная с благоприятным ориентированием волокон вдоль контура сопряжений как в верхней, так и в нижней частях поковок.

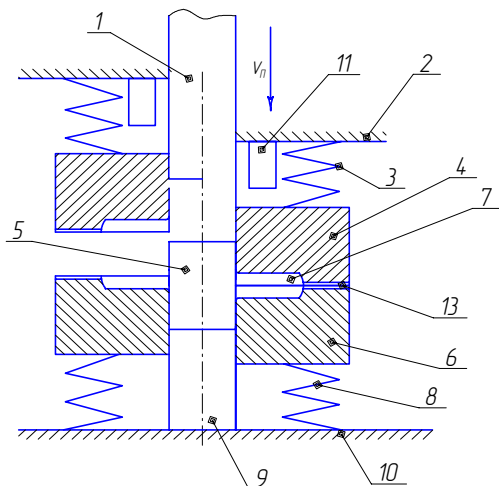


рис. 1

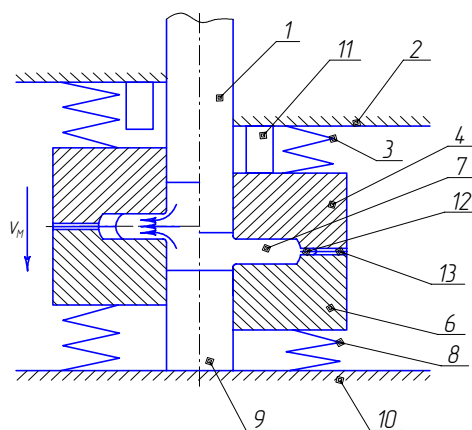


рис. 2

ТАЙНА БУЛАТА

Околович А.Г. – студент гр. ОМД – 21
Околович Г.А. – к.т.н., профессор

Золото было первым металлом, с которым человек познакомился и начал обрабатывать. Самые древние вещи, найденные археологами в Египте, изготовлены 8000 лет назад. В первобытную эпоху использовали самородное серебро и медь, метеоритное железо. Все эти металлы человек обрабатывал только в холодном состоянии при помощи каменного молота.

Однако начало века металлов наступило тогда, когда человек освоил процессы плавки рудного металла, горячейковки его и литья. (Медь, бронза 6000 лет до н.э.). Самым древним предметам из железа 4000 лет. Metallurgy возникла самостоятельно в ряде мест земного шара. Так, в странах Малой Азии, Индии и Южной Европы выплавка железа получила широкое распространение около 3000 лет назад. В Европе и странах Дальнего Востока переход к железному веку начался лет на 500 позже. На территории нашей страны в начале первого тысячелетия до н.э. в Закавказье и в Средней Азии. На несколько сот лет позже освоили добычу железа уральские племена. Профессия кузнеца была основной металлургической профессией - он получал железо и превращал его в изделие. Людей поражало, что кузнец делал ценные вещи почти из ничего, из куска какого-то бурого камня. Поэтому многие народы считали кузнеца "вещим человеком", чуть ли не чародеем. У различных первобытных племен Африки кузнецы были самыми уважаемыми людьми. Именно им доверялось воспитание молодого поколения и разрешалось изготавливать деньги. Здесь на кузнеца смотрят как на любимца царей и вождей, и он занимает привилегированное положение жреца.

Интересно отметить, что единственным "рабочим" среди богов различных религий был бог-кузнец. Гефест - у греков, Вулкан - у римлян, Сварог - у славян. Гефест всегда изображал-

ся могучим кузнецом с молотком или клещами в руках и в отличие от других олимпийских богов он не проводил время в пирах и праздности, а работал в своей полной чудес кузнице.

Среди фамилий, связанных с профессиональным происхождением, "кузнечные" занимают первое место: Кузнецов - в России, Коваль - на Украине, Смит и Шмидт - в Европе. И это можно объяснить тем, что хороший кузнец является редкостью. Можно сказать и в наше время. Кузнечное ремесло у большинства народов выделилось в особое занятие, обычно наследственное. Недоступные другим навыки и умение кузнеца окружали его профессию ореолом таинственности в глазах суеверных соплеменников.

В Киевской Руси кузнец считался одновременно знахарем, колдуном, который даже может предопределить судьбу, выковать счастье. Страх перед кузнецом отразился в словарном составе языков. В русском, например, слова "коварный" и "ковы" связаны со словами "ковать" и "коваль", а со словом "кузнец" - "козни". Так таинственное и непонятное ремесло кузнеца порождало суеверия и это использовалось в религиозных обрядах - почитание кузнечных инструментов, продукта кузнечного ремесла - железа. Например, подкова и сейчас служит талисманом счастья.

БУЛАТ. Под словом "булат" каждый россиянин привык понимать металл более твердый и острый, нежели обыкновенная сталь... (П.П.Аносов "Горный журнал", 1841 г. т.1). Слава о булатной стали ходит по свету более двух тысячелетий. Первые сведения дошли до нас от участников походов Александра Македонского в Индию - 2300 лет назад. Да, Индия была родиной булата. Отсюда в восточные страны ввозили вутцы - "хлебцы" из стали. Они имели вид плоской лепешки диаметром 12,5 см и толщиной 2,5 см, весом около 900 г. Каждый такой хлебец был разрублен пополам, чтобы покупатель мог рассмотреть строение металла. Но только в руках искусного мастера такая заготовка могла превратиться в настоящий клинок. Мастера Востока тщательно хранили секрет производства булата, передавая его из рода в род, так как булатное оружие очень высоко ценилось на рынках.

Было несколько известных центров по изготовлению булата. Особенно славился этим сирийский город Дамаск. Там уже 1800 лет назад существовала первая крупная мастерская по изготовлению холодного оружия из Индийского металла. Название - дамасская сталь стала позже собирательным понятием булатной стали, изготавливавшейся в разных странах. Опустошительные завоевания Тимура, сопровождавшиеся массовым уводом в плен ремесленников и, в первую очередь оружейников, привели к упадку производства булата, а затем и к потере секрета его изготовления (в XIV веке).

Булатное оружие стало редкостью и почти было забыто. Однако в Индии, на родине булата, его производство окончательно исчезло лишь после нашествия европейцев, в ХУШ веке. Впрочем, этому способствовал не только упадок национальных ремесел, но также появление промышленных способов литья, совершенствование огнестрельного оружия и прочие следствия технического прогресса. Но все эти новшества нисколько не умалили былого величия булата, и в Европе то и дело пытались восстановить утраченный секрет. Попытки эти продолжаются до сих пор. В прошлом веке ученые многих стран пытались разгадать тайну булата. Среди них был и знаменитый английский физик Майкл Фарадей, пытавшийся получить булат путем добавки к стали алюминия и платины. Однако тайна булатной стали была раскрыта уральским металлургом Павлом Петровичем Аносовым. После многолетних опытов он в 1837 году изготовил в Златоусте первый булатный клинок. "Полоска булата сгибалась без малейшего повреждения, издавала чистый и высокий звон. Отполированный конец крошил лучшие английские зубила", - писал Аносов в "Горном журнале".

Так что же такое булат, над тайной которого так долго и упорно бились многие люди? "Железо и углерод и ничего более, - отвечал Аносов. - Все дело в чистоте исходных материалов, в методе охлаждения, в кристаллизации".

Сущность образования булата заключалась в насыщении сплава большим количеством углерода (до 2,0). В условиях медленного охлаждения избыточный цементит (Fe_3C) не растворялся в железе, как это бывает в стали, а обволакивался медленно стынущим мягким металлом, образуя с ним неразрывную (когерентную) связь типа полимерных цепочек.

Первым критерием оценки качества булата являются узоры на поверхности металла. Лучшими свойствами, как установил Аносов, обладают клинки с коленчатым и сетчатым рисунком. Им значительно уступали булаты со структурным волокнистым и особенно полосчатым узором, когда узор состоит преимущественно из прямых, почти параллельных линий. Таким образом, был открыт важнейший закон металловедения - зависимость свойств металла от его кристаллического строения. Грунт булатов и цвет самих узоров означают степень чистоты железа и углерода: чем он темнее и блестящее, а узоры более четкие, тем чище металл. Выяснив важнейшие условия образования булата, Аносов приступил к разработке способов его выплавки.

Одним из исходных материалов являлась железная руда, которая в смеси с графитом переплавлялась в тиглях. При нагревании тигля происходил процесс непосредственного восстановления железа из руды. "Сим способом писал Аносов, - можно получить превосходный булат, если первые материалы будут высокого качества". По его мнению, в древности этот способ был наиболее распространенным в силу его простоты.

Высоким качеством отличались руды тагильского месторождения, железо которого было им признано лучшим для получения булата.

В другом способе, который Аносов считал самым совершенным, булат получался через сплавление мягкого железа с графитом. Характерной особенностью способа являлась выдержка тигля с расплавленным металлом в печи до полного его остывания. На поверхности полученного металла проявлялись узоры, характер которых зависел от продолжительности плавки. Так слабые продольные узоры получались после плавки в течение 3,5 часов, а крупные узоры, сетчатые или коленчатые, после плавки в течение 5,5 часов. Это явление полностью подтверждало вывод Аносова о том, что характер и величина узоров определяется содержанием углерода в железе.

С большой тщательностью были разработаны режимыковки и закалки. Металл медленно нагревался до светлокрасного цвета. Ковку начинали по тихому ходу молота, и слиток обжимался равномерно со всех сторон до темновишневого цвета (850-650⁰ С). Затем изделия точили, полировали и вытравливали соком растений или слабым раствором кислот для более четкого выявления рисунка. Кажется просто? Однако не в каждой плавке получался желаемый результат. Старые мастера считали, что чисто внешние признаки - узор, цвет и звон - вполне определяют качество булата. Ни химического анализа, ни измерений прочности, ни анализа структуры металла тогда разумеется не было, и никто не мог объяснить, почему тем или иным свойствам соответствует определенная форма узора. А если так, то можно было выдать за булатный и какой-нибудь другой клинок, лишь бы он имитировал внешние признаки.

Чем выше ценился настоящий булат, тем больше появлялось подделок. Центром поддельного булата долгое время были Сирия и Египет. В наше время дамасскую сталь называют сварочным булатом, который делали из полос или прутков разного состава. При ковке полосы сваривались между собой, а при травлении на клинке появлялся узор, сходный с булатом. Однако наметанным глазом сварочный булат узнать нетрудно - рисунок в соседних фрагментах повторяется, как на обоях, а линии узора короче и постоянные по толщине.

Русские хорошо знали восточный булат, но не применяли его: на морозе он становился хрупким. Русский сварочный булат - харалогг делали из полос мягкой и твердой стали.

Итак, булат есть порождение древней металлургии, имевшей дело с очень чистыми и богатыми окисными рудами, которые восстанавливали при температуре до 1400 С (ниже точки плавления железа - 1539 С). Плавку вели в малых печах и тиглях т ковали не очень горячий металл довольно медленно.

Прямое назначение булата - изготовление клинков. У клинков из обычной стали чрезмерно заточенное лезвие выкрашивается уже при заточке. Тончайшее острие булатного клинка сохраняется и после того, как оно побывало "в деле". Для этого требуется одновременно твердость, вязкость и упругость. И обычный стальной клинок можно закалить до твердости булата, но он будет хрупким как стекло и разлетится на куски при первом же ударе.

АЛГОРИТМ ВЫБОРА И РАСЧЕТА КОМПЕНСАТОРОВ ПРИ ШТАМПОВКЕ ВЫДАВЛИВАНИЕМ

Штильников А.А. – студент гр. ОМД-02

Овчаров Г.А. - студент гр. ОМД-01

Поксеваткин М.И. – к.т.н., профессор

Независимо от метода компенсации и конструкции устройства компенсаторы должны обеспечивать четкое заполнение полости штампа и последующее размещение колеблющегося в определенных пределах избытка металла.

При выдавливании стержневых поковок заполняемость углов полости штампа, скругленных радиусами r , r_1 и т.д., может быть проверена на основании известного положения, согласно которому степень истечения в различные полости обратно пропорциональна деформации:

$$\sigma_y \cdot 2l_y = \sigma_c \cdot l_c, (1)$$

где σ_y и σ_c – средние значения напряжений в очаге деформации, действующих в окрестности заполняемого угла и при выдавливании в стержневую полость; l_y и l_c – соответственно глубина затекания металла в угол полости матрицы с момента стабилизации очага деформации и длина стержня поковки.

С учетом допущений и формул для вычисления значений σ_y и σ_c [1] получают расчетную длину стержня $l_{c.p.}$, при которой обеспечивается заполнение углов полости матрицы:

$$l_{c.p.} = \frac{\ln(b_y / r_1)}{\ln(D_n / d_n)} \cdot l_y, (2)$$

где b_y – ширина очага деформации в углу матрицы в момент его стабилизации [1]:

$$b_y = 0,5(D_n - D) \text{ - для первой ступени;}$$

$$b_y = 0,5(d_n - d_k) \text{ - для второй ступени.} (3)$$

Здесь D , D_n , d_n , и d_k – соответственно диаметры заготовки, поковки, стержня и компенсационной полости. Величину l_y определяют из геометрических соотношений:

$$l_y = 0,41(b_y - r_1) (4)$$

В расчетах принимают: $(b_y / r_1) \geq 2,7$; $(D_n / d_n) \in [1,25; 2,5]$; $r_1 \geq 0,2$ мм.

Условие заполняемости полости матрицы с учетом величины затекания металла в стержневую полость в стадии открытого выдавливания $l_{от}$ можно представить в виде:

$$l_c \geq l_{c.p.} + l_{от} (5)$$

В результате обработки опытных данных [1] получено:

$$l_{от} = 0,08D_n [3(d_n / D_n)^2 + (d_n / D_n) - 0,7] (6)$$

С учетом формул (2) и (6) условие (5) примет вид:

$$l_c \geq \frac{\ln(b_y / r_1)}{\ln(D_n / d_n)} \cdot l_y + 0,08D_n [3(d_n / D_n)^2 + (d_n / D_n) - 0,7] (7)$$

В случае невыполнения условия (7) принимают одно из следующих решений:

1) устраивают в штампе компенсационную полость диаметром d_k ;

2) применяют противодействие со стороны выталкивателя;

3) увеличивают радиусы закругления в полости матрицы или вводят штамповочные уклоны в стержневой полости.

Размеры компенсационной полости определяют в следующем порядке:

1) находят величину $l_{y.p.}$ затекания металла в угол полости к моменту образования стержня расчетной длины

$$l_{y.p.} = \frac{\ln(D_n / d_n)}{\ln(b_y / r_1)} \cdot (l_c - l_{ом}); (8)$$

2) определяют величину $l_{y.н.}$ недозаполнения угла полости

$$l_{y.н.} = l_y - l_{y.p.}; (9)$$

3) определяют значение

$$d_{кж} = m_j(d_n - 2r_2), (10)$$

где d_{kj} – диаметр компенсационной полости при j -м значении коэффициента m ; r_2 – радиус закругления в стержневой полости ($r_2 \geq 0,2$ мм); j – номер выбора значений коэффициента m ; m_j – шаговый коэффициент подбора d_k , минимизирующий значение d_k по условию прочности выталкивателя.

Принимаем область значений коэффициента $m \in [0,4;1]$. Нижний предел дает минимальное наиболее вероятное значение d_k , при котором обеспечивается прочность выталкивателя; Верхний предел принят из геометрических соображений. Если величина шага равна 0,1, то каждое последующее значение коэффициента m можно рассчитать по формуле:

$$m_j = m_{j-1} + 0,1 \text{ при } j=1,2,\dots,7 \quad (11)$$

4) проверяют на прочность выталкиватель диаметром d_k :

$$4P_{\text{выт}}/(\pi d_k^2) < \sigma_{\text{в.в.}}, \quad (12)$$

где $\sigma_{\text{в.в.}}$ - предел прочности металла выталкивателя; $P_{\text{выт}}$ – усилие выталкивания поковки. Для ориентировочных расчетов [2]:

$$P_{\text{выт}} = 0,15P, \quad (13)$$

где усилие штамповки выдавливанием

$$P = 5\sigma_{\text{в.п.}} \cdot F_{\text{п.}} \quad (14)$$

Здесь $\sigma_{\text{в.п.}}$ – сопротивление деформации металла поковки; $F_{\text{п.}}$ – площадь проекции поковки в направлении действия усилия P :

$$F_{\text{п.}} = \pi D_{\text{п.}}^2/4; \quad (15)$$

5) если условие (12) выполняется, то определяют длину компенсационной полости:

$$l_k = \frac{\ln(b_{\text{у.н.}}/r_2)}{\ln(d_n/d_k)} \cdot l_{\text{у.н.}}, \quad (16)$$

где $b_{\text{у.н.}}$ – ширина очага деформации в углу матрицы при глубине $l_{\text{у.н.}}$:

$$b_{\text{у.н.}} = 2,5l_{\text{у.н.}} + r_2. \quad (17)$$

При выдавливании многоступенчатой поковки проверяют так же заполняемость угла r_2 .

Если условие (12) не выполняется, то применяют компенсатор с противодавлением).

При выдавливании в цилиндрическую полость диаметром $d_{\text{п}}$ при длине выдавливаемого стержня l_c напряжение противодействия $\sigma_{\text{пр}}$ равно [1]:

$$\sigma_{\text{пр}} = 3\sigma_{\text{в.н.}} \left[\left(\ln \frac{b_y}{r_1} \right) \left(\frac{l_y}{l_c} \right) - \ln \frac{D_n}{d_n} - 0,3 \frac{l_c}{d_n} \right]; \quad (18)$$

усилие противодействия $P_{\text{пр}}$:

$$P_{\text{пр}} = \sigma_{\text{пр}} \cdot f_{\text{в.}}, \quad (19)$$

где $f_{\text{в.}}$ – площадь торца выталкивателя

$$f_{\text{в.}} = \pi d_{\text{п.}}^2/4. \quad (20)$$

Выбор компенсаторов осуществляют по следующему алгоритму:

1. Вычисляют значение b_y по формуле (3) для первой ступени.
2. Вычисляют значение l_y по формуле (4).
3. Проверяют условие (7). Если условие (7) выполняется, то переходят к п. 18. Иначе переходят к п. 4.
4. Определяют величину $l_{\text{с.р.}}$ по формуле (2).
5. Определяют величину $l_{\text{у.р.}}$ по формуле (8).
6. Определяют величину $l_{\text{у.н.}}$ по формуле (9).
7. Принимают значение коэффициента $m_j = 0,4$.
8. Определяют значение d_k по формуле (10).
9. Определяют значение $f_{\text{п.}}$ по формуле (15).
10. Определяют усилие P по формуле (14).
11. Определяют усилие $P_{\text{выт}}$ по формуле (13).
12. Проверяют условие (12). Если условие (12) выполняется, то переходят к п. 13. Иначе рассчитывают коэффициент m_j по формуле (II) и, если $m_j \leq 1$, то переходят к п. 8. Иначе переходят к п. 15.
13. Определяют величину $b_{\text{у.н.}}$ по формуле (17).

14. Определяют l_k по формуле (16) и переходят к п.18.
15. Определяют $\sigma_{пр}$ по формуле (18).
16. Определяют f_b по формуле (20).
17. Определяют $P_{пр}$ по формуле (19).
18. Конец.

Графически предельных значений длины стержня l_c поковки, при которых обеспечивается заполнение полости штампа без компенсационного устройства при различных параметрах штамповки.

Сходимость расчетных данных с результатами, полученными при холодной штамповке выдавливанием стали 20 при $D_{п}=30$ мм, $D_{п}/d_{п}=1,6$ и $2,5$; $r_1=0,5$ и 2 мм составила $92 \div 80\%$.

Выводы

1. Предложены модель заполнения полости штампа и алгоритм выбора и расчета компенсаторов при выдавливании стержневых поковок.
2. Проведено опытное апробирование модели заполнения и алгоритма расчета. Сходимость опытных и расчетных данных составила $92 \div 80\%$.
3. Полученные расчетом предельные величины длины стержня поковки, обеспечивающие заполнение полости штампа при различных значениях технологических параметров, рекомендуются для использования в заводской практике.

МИНИМИЗАЦИЯ ОБЪЕМА ЗАГОТОВКИ ПРИ ЗАКРЫТОЙ ШТАМПОВКЕ

Штильников А.А. – студент гр. ОМД-02

Овчаров Г.А. – студент гр. ОМД-01

Поксеваткин М.И. – к.т.н., профессор

При минимизации объема заготовки необходимо обеспечить: 1 – условие заполнения полости штампа; 2 – наименьший избыток металла, удаляемый в компенсационную полость и 3 – повышенную стойкость штампа.

Заполняемость углов полости штампа может быть проверена на основании известного положения, согласно которому степень истечения в различные полости обратно пропорциональна сопротивлению деформации:

$$\sigma_{и} \cdot 2l_{и} = \sigma_{с} \cdot l_{с}, (1)$$

где $\sigma_{и}$ и $\sigma_{с}$ – средние значения напряжений при стабильном очаге деформации, действующих соответственно в окрестности заполняемого угла и при выдавливании в стержневую или компенсационную полость; $l_{и}$ и $l_{с}$ – глубина затекания металла соответственно в угол полости матрицы в момент стабилизации очага деформации и длина выдавливаемого элемента поковки.

С использованием метода комбинированных решений [1] получены уравнения напряжений

$$\begin{aligned} \sigma_{и} &= \sigma_{Sи} (1 + \mu_{и}) \ln u/r, \\ \sigma_{с} &= 2\sigma_{Sк} (1 + \mu_{к}) \ln d_u/d_k, (2) \end{aligned}$$

где $\sigma_{Sи}$ и $\sigma_{Sк}$ – сопротивление деформации металла соответственно в матрице и в стержневой (компенсационной) полости; $\mu_{и}$ и $\mu_{к}$ – показатели трения в матрице и в стержневой (компенсационной) полости; $u=0,5(d_{и}-d_{с})$ – ширина угла полости матрицы; r – радиус закругления в полости матрицы.

Из геометрических соображений найдено:

$$\begin{aligned} l_{и} &= 0,41[0,5(d_{и}-d_{к})-r]; \\ l_{с} &= 4V_{с}/\pi d_{и}^2; (3) \\ l_{и} &= 4V_{изб}/\pi d_{к}^2; \end{aligned}$$

Здесь $V_{изб}$ – объем избытка металла, удаляемый в компенсационную полость.

С учетом уравнений (2) и (3) после преобразований условие заполнения полости штампа примет вид:

$$\ln \frac{d_u}{d_k} - \frac{0,41[0,5(d_u - d_k) - r]}{4V_{изб} / \pi d_k^2} \cdot \frac{\sigma_{Su}}{\sigma_{Sk}} \cdot \frac{(1 + \mu_u)}{(1 + \mu_k)} \cdot \ln \frac{0,5(d_u - d_k)}{r} = 0 \quad (4)$$

Решение трансцендентного уравнения (4) методом итераций позволяет определить размеры выдавливаемых элементов или компенсационной полости (d_k) из условия заполнения полости штампа.

Общее технологическое условие минимизации избытка металла можно описать соотношением:

$$V_{пер} \geq V_{рас} \geq V_{фак}, \quad (5)$$

где $V_{пер}$, $V_{рас}$, $V_{фак}$ – соответственно регламентируемый, расчетный и фактический относительные объемы заготовки ($V_{заг}$).

При малоотходной закрытой штамповке принимают $V_{пер} = (0,01 \div 0,05)V_{заг}$; относительный расчетный объем $V_{рас} = V_{изб} / V_{заг}$. Здесь $V_{изб}$ – минимальный избыточный объем заготовки, рассчитанный из условия заполняемости полости штампа; $V_{изб} = \pi d_k / 4 \cdot l_k$ – относительный фактический объем заготовки $V_{фак} = \Delta V_{фак}^{max} / V_{заг}$, где $\Delta V_{фак}^{max}$ – максимальное фактическое отклонение объема заготовки, получаемое в реальных условиях при положительном отклонении поперечных размеров проката и длины заготовки после разрезки.

Сопротивление деформации в полости компенсатора (σ_{Sk}) должно быть больше максимального сопротивления деформации в полости штампа (σ_{Sn}) в момент формирования поковки, но меньше в момент доштамповки, что обеспечивает удаление избытка металла. Колебание σ_{Sk} выше допустимых значений ведет к перегрузке штампа и снижению его стойкости, заниженное – к преждевременному выходу металла в компенсационную полость и, как следствие, недозаполнение полости штампа и перерасходу металла.

Задача параметрической оптимизации выбора компенсаторной полости сводится к нахождению вектора (Y) управляемых параметров (y_i):

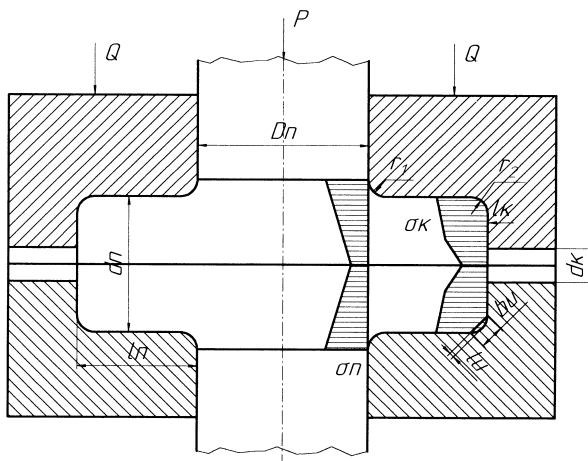
$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\} \quad (6)$$

По заданному критерию оптимизации на множестве допустимых значений параметров с учетом названных ограничений. Требования, предъявленные к отдельным параметрам, противоречивы, поэтому необходимо выбрать такое соотношение управляемых параметров, которое обеспечило бы наилучшие результаты (оптимальный вариант технологического процесса) при удовлетворении заданных ограничений.

Универсальным показателем минимизации объема заготовки является технологическая себестоимость, которую определяют с использованием цикловой функции [2]:

$$C_{Nj} = \sum_{i=1}^m c_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \min, \quad (7)$$

где m – число учтенных элементов затрат; C_{Nj} – технологическая себестоимость изготовления поковки; x_1, x_2, \dots, x_n – технологические параметры; c_i – элементы затрат.



При сравнении вариантов технологического процесса штамповки данной поковки посредством анализа затрат, непосредственно связанных с изменением параметров технологии, целесообразно учитывать затраты на последующую механическую обработку данной детали, зависящей от изменения конфигурации и точности поковки.

Вывод. Предложена методика минимизации объема заготовки при закрытой штамповке.

ПОДСЕКЦИЯ «ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО»

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ОТЛИВОК

Барон В.С. – студент гр. ЛП-91
Вершинина Т.В. – студентка гр. ЛП-92
Мустафин Г.А. – научный руководитель

Более совершенным способом формовки по выплавляемым моделям является способ, при котором оригинал изделия, как художественное произведение, не уничтожается в процессе изготовления литейной формы, а является моделью для изготовления пустотелых выплавляемых моделей. Такой способ отливки изделия состоит из двух процессов: 1) изготовление по оригиналу изделия пустотелой выплавляемой модели, 2) изготовление по пустотелой выплавляемой модели литейной формы изделия.

Процесс изготовления пустотелой модели состоит из следующих операций:

1. Гипсовый (или любой другой) оригинал укладывают в фальшивую опоку (рисунок 1),



Рисунок 1 – Расположение модели в фальшивой опоке

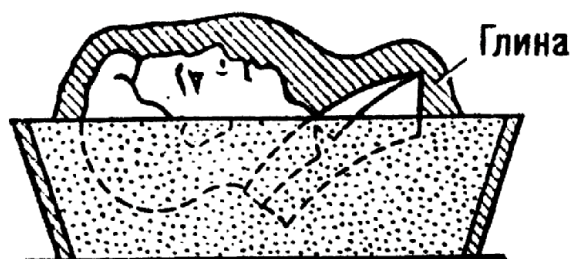


Рисунок 2 – Нанесение на модель слоя бумаги и слоя глины

поверхность оригинала покрывают тонкой мокрой бумагой и обкладывают слоем глины (рисунок 2).

2. На фальшивую опоку с оригиналом устанавливают опоку и заливают её гипсом. В слое гипса оставляют два отверстия, соединяющие гипсовый слой в опоке со слоем глины на оригинале (рисунок 3).

3. После затвердевания гипса опоку переварачивают, фальшивую снимают и устанавливают вместо неё вторую опоку.

4. Вторую половину оригинала также покрывают бумагой, обмазывают глиной и заливают гипсом.

5. После затвердевания гипса опоку снимают, с поверхности оригинала удаляют слой глины и бумагу. Снятую опоку устанавливают на место.

6. В образовавшееся пространство между поверхностью оригинала и гипсом опоки, ранее занимаемое слоем глины, через отверстия в гипсе заливают особый клеевой раствор. После застывания такой раствор должен приобретать свойства эластичной резины.

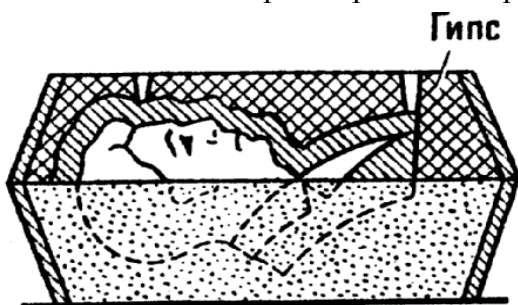


Рисунок 3 – Заливка гипсом оригинала



Рисунок 4 – Заливка клеевого раствора

7. После затвердевания слоя клеевого раствора обе опоки перевёртывают и снимают нижнюю опоку, затем удаляют слой глины и бумагу, как и в первой опоке и таким же порядком заливают в образовавшееся в ней пространство клеевой раствор (рисунок 4).

8. Форму разбирают и удаляют оригинал. При этом эластичность клеевого слоя, несмотря на все извилины и углубления на поверхности оригинала, даёт возможность снять верхнюю опоку и удалить оригинал из нижней опоки, не повредив при этом клеевую рубашку и оригинал. Внутреннюю поверхность клеевой рубашки обеих полуформ покрывают лаком и наносят на неё подкрашенный слой воска.

9. Форму снова собирают (рисунок 5) и заливают в её полость расплавленную канифоль.

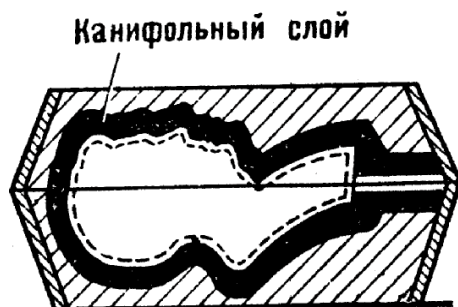


Рисунок 5 – Получение канифольного слоя

Залитую канифоль выливают из формы, при этом часть её остаётся на стенках полости формы. Повторяя несколько раз такую операцию (заливку и выливание), наносят на внутреннюю поверхность формы слой канифоли, равный желаемой толщине стенки модели и будущей отливки.

10. После затвердевания канифоли осторожно снимают опоку с гипсом и клеевой рубашкой. Образовавшийся таким образом канифольный слой и является пустотелой выплавляемой моделью.

Изготовление литейной формы по такой модели начинают с изготовления в ней стержня. В полость модели устанавливают каркас, концы которого выходят из модели и служат для крепления стержня в форме, затем в полость модели с установленным каркасом заливают жидкую стержневую массу. После затвердевания стержня модель поступает на формовку. Полученная выплавляемая модель имеет небольшую прочность и при формовке требует особой осторожности.

Форму вместе с опоками сушат и при этом канифоль выплавляется.

Преимущество такого способа состоит в том, что отливки получаются без швов на поверхности (вследствие неразъёмной формы), сохраняется оригинал модели и уменьшается расход материалов на модель.

Недостатками такого способа является то, что пустотелая модель имеет менее чёткий рельеф поверхности, её трудно исправлять и чеканить, сушка стержня и формы, изготовленной из жидкой стержневой и формовочной смеси, более длительно и неудобна, ещё можно сказать, что существуют своеобразные трудности при изготовлении клеевой рубашки.

При получении корковой эластичной формы возникли проблемы изготовления клеевой массы. Была произведена замена столярного клея другими материалами, более современными. Сначала был использован ПВА – поливинилацетатный клей, но он даёт большую усадку, долго твердеет без повышения температуры. После проверки ПВА применили эпоксидную смолу. Получается довольно жёсткая конструкция оболочки. Понижение жёсткости и повышение эластичности удалось обеспечить введением в состав эпоксидного компаунда талька. Так как еще не определены пропорции эпоксидного компаунда и талька, ведутся работы по определению их оптимальных соотношений.

СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ «ПОЛИГОН». ВОЗМОЖНОСТИ И РЕАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ.

Бензик И.А.- студент гр. ЛП-92
Марширов И.В.- научный руководитель

Литейное производство - одно из наиболее тяжелых и сложных в машиностроении - до сегодняшнего дня во многом основано на опыте практической работы его технологов, сложившихся технических традициях и металлоемком методе проб и ошибок при отработке технологии практически каждой серьезной отливки. Это обусловлено разнообразием факторов, влияющих на течение технологического процесса литья, а соответственно и на качество самой отливки. Опытные специалисты-практики держат в голове бездну информации об удачных и неудачных попытках получения отливок и оперируют ею, зачастую опираясь на интуицию и лишь в редких случаях - на строгие алгоритмы. Вместе с тем теория тепловых, гидродинамических и деформационных процессов при затвердевании жидкого металла достаточно разработана, и в общем виде решены многие ключевые задачи формирования отливки. Практические же решения зачастую не могут быть получены аналитическим путем, но зато эффективно достигаются численными методами. В связи со всеми вышеперечисленными моментами идея компьютерного моделирования литейных процессов становится почти очевидной.

В настоящее время на многих зарубежных и некоторых российских машиностроительных предприятиях (табл.), имеющих литейное производство, используются те или иные CAE-системы компьютерного моделирования литейных процессов (СКМ ЛП), позволяющие рассчитывать заливку, затвердевание и образование дефектов отливок для различных видов литья. И большое число предприятий стоит перед необходимостью приобретения такой системы. Наиболее перспективными СКМ ЛП, используемыми в зарубежной и российской промышленности являются:

ProCAST – лучшая на сегодняшний день зарубежная 3D СКМ ЛП американской фирмы UES, Inc., основанная на методе конечных элементов ProCAST позволяет моделировать литье в песчано-глинистые формы, а также многие специальные виды литья для всех сплавов.

MAGMASOFT – СКМ ЛП основана на методе конечных разностей, в базовом варианте она позволяет моделировать литье в песчано-глинистые формы и кокиль.

AFS Solidification System (3D) – СКМ ЛП, предлагаемая Американским обществом литейщиков, созданная Ларри Смайли. Эта PC-ориентированная система основана на методе конечных разностей. Система позволяет моделировать многие способы литья, включая литье в песчано-глинистые формы, по выплавляемым моделям, в кокиль, литье под давлением. AFS Solidification System имеет средства твердотельного моделирования.

CastCAE - СКМ ЛП финской фирмы CASTECH, первоначально была создана в Техническом Центре Исследований Финляндии. Данная система позволяет моделировать заливку и затвердевание при литье в песчано-глинистые и оболочковые формы, по выплавляемым и выжигаемым моделям, в кокиль, под низким и высоким давлением, для всех видов сплавов.

PASSAGE/PowerCAST – СКМ ЛП американской фирмы Technalysis, Inc. Эта 3D FEM система имеет совмещенный решатель, позволяющий моделировать заливку, теплопередачу и затвердевание.

PAM-CAST/SIMULOR - французская СКМ ЛП компании ESI Group. Эта система позволяет моделировать литье в песчаные формы, в кокиль, под низким давлением, высоким давлением и другие.

SIMTEC/WinCast – СКМ ЛП немецкой фирмы RWP GmbH. Этот пакет может использоваться для моделирования ЛПД и ЛНД, литья в кокиль, в песчано-глинистые формы, а также для непрерывного, центробежного и ЛПВМ. Данная система позволяет рассчитывать заполнение, затвердевание, образование усадочных дефектов, микроструктуру и механические свойства отливок.

LVMFlow – СКМ ЛП, созданный ЗАО НПО МКМ (Ижевск). За рубежом данный пакет распространяется шведской фирмой NovaCast AB под маркой NovaFlow. Эта FDM система является дальнейшим развитием LVM3d и состоит из следующих модулей: LVMGeo (геометрическое моделирование под DOS), LVMConv (интерфейс с системами), LVMBank (база данных по теплофизическим свойствам сплавов и материалов формы), LVMInit (задание начальных условий), LVMFlow (моделирование процесса заполнения), LVMSolid (моделирование затвердевания), LVMBrowse (просмотр и анализ результатов моделирования).

ПОЛИГОН - FEM система для анализа ЛП, разработанная в ЦНИИ Материалов (С.-Петербург) Тихомировым М.Д. и Сабировым Д.Х.. В России и за рубежом система распространяется фирмой FoCAD.

ПОЛИГОН позволяет моделировать следующие литейные процессы для алюминиевых сплавов и стали: затвердевание, образование усадочных раковин и макропористости, образования микропористости, развития деформаций в интервале затвердевания, для серого чугуна: формирования структуры металлической основы, распределения прочности и твердости.

Стоимость системы ПОЛИГОН : DOS-версия - 3000\$, Windows 9x/NT-версия - 5000\$, FlowVision – 2000\$.

На сегодняшний день наиболее мощной зарубежной системой моделирования ЛП, предлагающей максимум возможностей технологическому литейщику, является ProCAST, а лучшей российской системой – ПОЛИГОН.

Сравнивая эти системы между собой, можно отметить, что ПОЛИГОН более адекватно моделирует усадочную задачу, а в ProCAST – гидродинамическую.

Наличие СКМ ЛП на российских предприятиях

Таблица

СКМ ЛП	Российские предприятия, использующие СКМ ЛП
ProCAST	АО "КАМАЗ", ЦНИИМ
MAGMASOFT	ОА "АвтоВАЗ"*, Газаппарат, Газмаш
SIMTEC	Курганмашзавод
ПОЛИГОН	АО "КАМАЗ", АО "УАЗ", АО «Рыбинские моторы», ОА «Красный двигатель», ГП «Воткинские заводы», АО «Казанское моторостроительное производственное объединение», АО «Русские самоцветы», АО «Нижегородский машзавод», Чебоксарский завод промышленных тракторов, ГП «Государственный Обуховский Завод», АО «Завод турбинных лопаток», АО «Автрамат», Тульский государственный университет, МГТУ им. Баумана, ЦНИИМ
LVMFlow	АО «ЛИТАФОРМ», ОАО «ГАЗ», АО «Заволжский моторный завод», ЗАО «НКМЗ», ГП «Ижевский механический завод»
*В настоящее время АО "АвтоВАЗ" взял на опытную эксплуатацию ProCAST	

Система компьютерного моделирования литейных процессов (СКМ ЛП) ПОЛИГОН позволяет провести обработку некоторых наиболее важных технологических параметров не на реальной отливке, а на ее компьютерной модели, что снижает затраты на проектирование и доводку литейной технологии.

ПОЛИГОН позволяет моделировать следующие процессы. Тепловые процессы при затвердевании, образование усадочных раковин и макропористости, образование микропористости, гидродинамические процессы при заливке (система FlowVision), деформационные процессы для прогноза кристаллизационных трещин. Кроме того, формирование и расчет любых "критериев качества" для прогноза структуры, ликвации, механических свойств и т.п.

Базовые модели (затвердевание, усадка и др.), опираясь на реальную физику процессов, максимально универсальны по сплавам и способам литья. Сплавы: алюминиевые, магниевые, медные, чугуны, стали, никелевые и др. Способы: в землю, в кокиль (в т.ч. водоохлаждаемый), ЛВМ, ВПФ, ЛПД, ЛНД, жидкая штамповка, направленное затвердевание и др.

В тоже время имеется ряд специализированных моделей и функций: моделирование циклических процессов, моделирование усадочных процессов при подводе металла под давлением при ЛНД и ЛПД, затвердевание в вакуумных печах при лучистом теплообмене, затвердевание с учетом подвода электрического тока и др.

Стратегическая идея ПОЛИГОНА достаточно ортодоксальна: в компьютере создается геометрическое описание объекта моделирования, его объем разбивается на тетраэдральные конечные элементы, им присваиваются некие параметры, характеризующие теплофизические свойства материалов отливки и формы, и выполняются численные расчеты тепловой и деформационной задач, а также численный расчет образования пористости и раковин в отливке. Результаты расчетов в виде температурных, фазовых и деформационных полей в каждый момент времени являются исходными данными для создания соответствующих визуальных образов объекта моделирования. В результате пользователь видит на экране изменяющиеся во времени картинки остывания и затвердевания отливки, возникновения усадочных дефектов и пористости, образования трещин. Эти картинки могут быть подготовлены к печати и напечатаны с помощью любого графического редактора. На базе результатов расчета могут быть также сформированы разнообразные зависимости аналитического характера, отражающие, например, варьирование тех или иных параметров технологического процесса.

Структурно ПОЛИГОН представляет собой набор программных модулей, ориентированных на работу в едином пакете, т.е. является пакетом прикладных программ.

В соответствии со стратегической идеей одни модули обеспечивают создание геометрического образа объекта моделирования, другие - его разбиение на конечные элементы, третьи - введение исходных теплофизических данных о материалах и непосредственное выполнение вычислений, четвертые - визуализацию результатов расчета, пятые - вспомогательные аналитические функции. Взаимодействие модулей ПОЛИГОНА представлено на структурной схеме.

На территории СНГ отечественный ПОЛИГОН имеет больше продаж, чем все импортные литейные системы вместе взятые, включая ProCast, MagmaSoft и др. менее популярные. При этом на некоторых заводах ПОЛИГОНУ случалось входить в прямую конкурентную борьбу с импортными системами. Например, поставка на крупнейший дизелестроительный завод «Звезда». Там в качестве базовой САД-системы используется французский пакет EUCLID (Matra) и, соответственно, французские поставщики активно продвигали на заводе импортную систему моделирования литейных процессов. Однако, после опытной эксплуатации ПОЛИГОНА, завод предпочел купить именно его. Поскольку заводские специалисты уже имели большой опыт работы с универсальными моделирующими системами типа ANSYS и NASTRAN, да и с ПОЛИГОНОМ завод познакомился основательно, то считать выбор завода непродуманным или случайным нельзя. И этот пример далеко не единственный. Конечно, далеко не во всем мы лучшие, но относительно высокая цена импортных литейных систем парадоксальным образом сочетается с более низкой адекватностью моделей основных литейных задач (тепловая, усадочная) даже в наиболее сильных западных пакетах.

Выше было сказано, что на рынке СНГ отечественных литейных систем куплено гораздо больше, чем импортных. Это так, отечественный рынок явно пока предпочел отечественные системы. Но посмотрим на количество отечественных заводов, вообще использующих моделирующие системы. Так вот, общее количество всех купленных в СНГ литейных систем примерно на порядок меньше, чем общий тираж единичного западного пакета, такого как ProCast или MagmaSoft (разработчики объявляют цифры около 300-400 лицензий за 8-10 лет). Парадокс! У нас более дешевые системы (примерно на порядок), которые по крайней мере не хуже западных, во всяком случае по основным литейным моделям, литейных производств тоже немало, а применяют моделирование меньше полпроцента заводов. Да что говорить о заводах – в наших ВУЗах и исследовательских институтах нормальные моделирующие системы применяют очень мало (хотя есть и счастливые исключения).

СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ «LVMFLOW». ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.

Гордеев Д.С. – студент гр. ЛП – 92
Марширов И.В. - научный руководитель

В различных областях науки и техники широко используется метод математического моделирования. Этот метод включает в себя разработку физических и математических моделей, численных методов и программного обеспечения, проведение численного эксперимента с привлечением средств вычислительной техники (его результаты анализируются и используются в практических целях). В технике и технологии преимущества метода математического моделирования очевидны: оптимизация проектирования, сокращение затрат на отработку, повышение качества продукции, уменьшение эксплуатационных расходов и т.д.

Применение математического моделирования в литейной промышленности привело к появлению большого числа программных пакетов, с помощью которых более или менее успешно решаются задачи, с которыми литейщики сталкиваются в повседневной практике.

В основе математической модели литейных процессов лежат уравнения теплопереноса: уравнения теплопроводности, Навье-Стокса, диффузии, кинетические уравнения фазовых превращений и т. д. Расчетная область включает не только объем, занимаемый расплавом, но также и формообразующую среду с различными граничными и начальными условиями. Возможен учет цикличности процесса литья (например, литье в кокиль).

Программы для моделирования литейных процессов, распространенные в настоящее время, в основном различаются степенью полноты учитываемых при моделировании факторов. Второе различие связано с методами получения и решения разностных уравнений: уравнения теплопереноса могут быть записаны в дифференциальном или интегральном виде.

В программном комплексе LVMFlow реализована физико-математическая модель, включающая в себя:

- уравнения теплопроводности в неоднородной среде, состоящей из расплава и формообразующих материалов, теплофизические свойства которых зависят от температуры. Свойства многокомпонентного расплава задаются уравнением состояния, соответствующим эффективной бинарной диаграмме состояния (в дальнейшем планируется переход на описание в рамках трехкомпонентной системы). Кроме того, учитываются внешние воздействия: горение экзотермических материалов, работа каналов нагрева-охлаждения, теплоэлектронагревателей, циклические технологии;

уравнения Навье-Стокса для ламинарного течения несжимаемой жидкости. Уравнения решаются на кубической сетке методом конечного объема (МКО). Для расчета движения свободной поверхности расплава в процессе заполнения формы используется модифицированный метод VOF (volume of fluid);

- термогравитационную модель дефектов усадочного происхождения, связанную с анализом поведения локализованных жидких областей.

Выбранные методы позволяют реализовать высокоскоростные вычислительные алгоритмы, для них характерна хорошая корреляция результатов с экспериментальными данными.

Программный комплекс LVMFlow может быть использован для моделирования таких способов литья, как литье по выплавляемым моделям, литье в землю, в кокиль, в изложницу, литье под давлением. Из дополнительных элементов оснастки, применяемых в литейной технологии, в LVMFlow рассматриваются теплоэлектронагреватели, каналы с теплоносителями, фильтры, противопопригарные покрытия. Также предусмотрено моделирование многократного использования формы.

В сотрудничестве со шведской фирмой NOVACAST AB система доведена до уровня требований мирового рынка. Достоверные результаты моделирования, их наглядное представление, широкие возможности, удобный интерфейс и разумная цена обеспечили коммерческий успех системы за рубежом (с 1993 года произведено более 100 инсталляций в США, Канаде,

Бразилии, Швеции, Норвегии, Австралии, Турции). На зарубежном рынке LVMFlow распространяется под торговыми марками NovaSolid и NovaFlow

LVMFlow удобен и достаточно прост в эксплуатации. Его интерфейс полностью соответствует стандартам Windows. Терминология меню и диалогов привычна и понятна специалисту, работающему в литейном производстве, а при возникновении затруднений всегда можно воспользоваться справочной системой.

LVMFlow построена по модульному принципу:

Системные установки - установка системных параметров;

3D Конвертор происходит преобразование геометрии в формат LVMFlow; изменение ориентации отливки в пространстве; масштабирование геометрического образа отливки; сборка конструкции из геометрических образов, хранящихся в различных файлах.

LVMFlow предназначен для моделирования процессов формирования отливок в реальных цеховых условиях. Для моделирования кристаллизации сплава необходима его фазовая диаграмма. В модуле *База данных* производится приближенный расчет положения фазовых равновесий многокомпонентного сплава методом деформации двухкомпонентной диаграммы состояния. Данные по сплавам в базе данных разбиты на классы: углеродистые стали, легированные стали, чугуны, бронзы, силумины и т.д. Кроме классов литейных сплавов в базе данных существует класс материалов форм, куда занесены наиболее часто применяемые формовочные материалы, огнеупоры, изоляционные материалы и металлы.

Начальные условия - формирование начальных и граничных условий;

Кристаллизация - в этом модуле форма изначально считается мгновенно заполненной расплавом и моделируется процесс затвердевания сплава. В основе модели лежит неравновесная теория кристаллизации многокомпонентного сплава.

В модуле *Заливка* моделируется заполнение формы расплавом, которое рассматривается, как течение идеальной несжимаемой жидкости без учета процессов теплопередачи. Течение описывается уравнениями Навье-Стокса, где вязкость учитывается в виде поправки. Для изучения движения в расплаве посторонних (шлаковых) частиц в пакете предусмотрена возможность моделирования движения шарообразных частиц заданного радиуса и плотности.

Одновременное моделирование процессов заполнения формы расплавом и его затвердевание осуществляется в модуле *Заливка & Кристаллизация*.

Для просмотра результатов моделирования имеется модуль с одноименным названием.

Заключение. Система компьютерного моделирования LVMFlow, построенная на основательном фундаменте современных представлений о литейных процессах, является незаменимым инструментом технолога-литейщика, позволяющим без натуральных экспериментов (а значит без дополнительных затрат) провести оптимизацию литниковой и других систем и, следовательно, избежать многих литейных дефектов. Наличие такой системы, как LVMFlow в руках технолога - литейщика позволит значительно удешевить и ускорить исследовательскую работу по проектированию отливок. Применение современных технологий способствует повышению качества продукции и снижению ее себестоимости, что делает ее еще более привлекательной для потребителей.

Время, которое необходимо затратить для расчета одного варианта на PENTIUM II-400 при общем разбиении 500 000 узлов, включая форму, составляет для модуля *Кристаллизация* 4 минуты, модуля *Заливка* 15 минут, и для модуля *Заливка & Кристаллизация* 28 минут. При этом обеспечивается хорошее совпадение результатов расчета с экспериментальными данными. LVMFlow предлагает широкий набор инструментов для моделирования, исследования и создания оптимальной литейной технологии. Также LVMFlow можно использовать в учебных заведениях при подготовке квалифицированного персонала для литейных производств.

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

Курица В.В. – студент гр. ЛП – 91
Муштафин Г.А. – научный руководитель

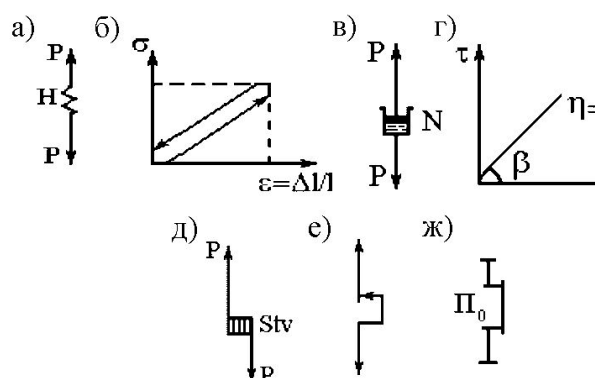
С точки зрения реологии – раздела физики, изучающего законы деформации и течения различных материалов (греч. "рео"-течь и "логос"-наука) практически любую литейную форму (как песчано-глинистую, так и металлическую: кокиль или пресс-форму для литья под давлением) можно представить в виде реологической модели. Данная модель в той или иной мере будет характеризовать деформации, испытываемые материалом этой формы под нагрузкой.

Аксиомой реологии является положение о том, что любой реальный материал обладает комбинацией фундаментальных свойств трех идеальных материалов: упругого, вязкого и пластического. Многочисленные исследования также подтвердили тот факт, что все материалы литейных форм: пластичные стали и цветные сплавы, хрупкие чугуны, песчаные смеси для разовых и полупостоянных форм испытывают все 3 деформации под нагрузкой (упругую, вязкую и пластическую). Существует 4 типа простейших реологических моделей: модели Гука, Ньютона, Сен-Венана и Прагера.

Упругую реологическую модель называют телом Гука и обозначают символом H . Свойство упругости условно изображают механической моделью в виде пружины (рисунок 1, а). Точки приложения к модели внешних сил называют конечными точками модели. График зависимости между напряжениями и деформациями у тела Гука прямолинеен, причем графики загрузки и разгрузки совпадают (рисунок 1, б). Работа, затраченная на сжатие пружины, накапливается в ней в виде потенциальной энергии деформации и полностью возвращается при снятии нагрузки с пружины.

Вязкую реологическую модель называют телом Ньютона и обозначают символом N . Она представляет собой амортизатор в виде поршня с отверстиями малого сечения, движущегося в цилиндре, заполненном жидкостью (рисунок 1, в). Здесь скорость перемещения поршня прямо пропорциональна приложенной силе. Данная зависимость графически представлена на рисунке 1, г. Работа сил вязкого течения расходуется на преодолении вязкого (жидкостного трения), превращаясь необратимо в тепло.

Идеально пластическое тело называют телом Сен-Венана, обозначают символом Stv и схематически изображают в виде модели ползуна (рисунок 1, д или 1, е). Между элементами модели действует сухое (кулоново) трение. Считается, что трение остается постоянным, если действует постоянное нормальное давление, а деформация независима от скорости нагружения. Работа, затраченная на пластическую деформацию, идет на преодоление внутреннего трения и полностью рассеивается, обращаясь в теплоту.



Модель идеально затвердевающего тела Прагера обозначается символом Π и предполагает, что разрушение его внутренних связей и переход в безпустотное состояние наступает немедленно после приложения пренебрежимо малой нагрузки (механического напряжения) и после определенной объемной деформации оно ведет себя как жесткое несжимаемое тело. Механическим аналогом идеально затвердевающего тела может служить так называемый "кипящий" слой (рисунок 1, ж).

Рисунок 1 – Простейшие реологические модели. Поведение реальных материалов значительно сложнее и описать его можно только различными сочетаниями простейших реологических моделей. Реологические модели, состоящие из одной или двух простейших, называются сложными. Они образуются путем последовательного или параллельного

соединения простейших моделей. В символической записи последовательное соединение двух моделей обозначается горизонтальной чертой между их символами (например, H – N), а параллельное – вертикальной чертой (например, H/N). Первым в названии этих тел ставится наименование вида деформации в первое мгновение после приложения нагрузки.

Известны несколько классических сложных реологических моделей, например:

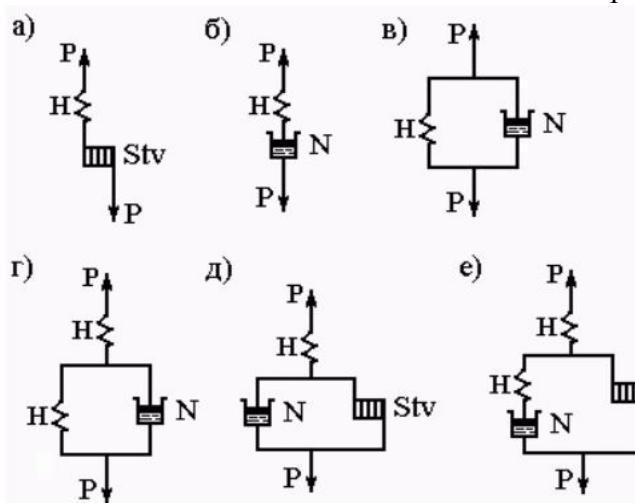


Рисунок 2 – Сложные реологические модели

а) модель упругопластического тела Прандтля (рисунок 2, а);

б) модель упруговязкого тела Максвелла (рисунок 2, б);

в) модель упруговязкого тела Фойгта (рисунок 2, в);

г) модель упруговязкого тела Кельвина (рисунок 2, г);

д) модель упруговязкопластического тела Бингама (рисунок 2, д);

е) модель упруговязкопластического тела Шведова (рисунок 2, е)

Наиболее полно отражает все возможные деформации (мгновенные упругие, мгновенные остаточные, замедленные упругие и замедленные остаточные) реологическая модель, показанная на рисунке 3. Пружина с модулем упругости E_1 характеризует "мгновенные" упругие деформации. Ячейка 1 (модель Кельвина) характеризует запаздывающие упругие (вязко-упругие) деформации, которые нарастают под нагрузкой с конечной скоростью. После снятия нагрузки деформации под действием пружины с модулем E_2 исчезают со временем полностью. Запаздывание деформаций обеспечивает модель Ньютона. Модель Бингама (ячейка 2) характеризует замедленные остаточные деформации, возможные при условии $\sigma > \sigma_T$, где σ_T – напряжение сдвига модели Сен-Венана.

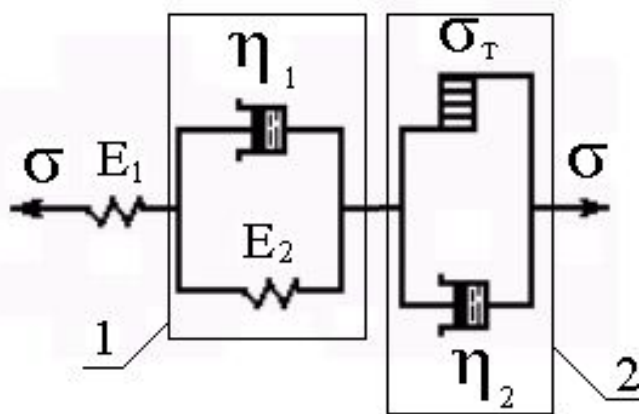


Рисунок 3 – Реологическая модель реальной литейной формы

деформации, возможные при условии $\sigma > \sigma_T$, где σ_T – напряжение сдвига модели Сен-Венана.

КРУГООБОРОТ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Морозов М. С. – студент гр. ЛП-92
Москалев В. Г. – научный руководитель

Металлургия (от греч. metallurgeo – обрабатываю металлы, добываю руду) – область науки, техники и отрасли промышленности, охватывающие процессы получения металлов из руд или других материалов а также процессы, связанные с изменением химического состава и строения (структуры), а следовательно и свойств металлических сплавов в соответствии с их назначением. К металлургии относятся: процессы обработки руд с целью их подготовки к извлечению металлов (дробление, обогащение, окускование и прочее); процессы извлечения металлов из руд и других материалов; очистка металлов от нежелательных примесей (рафинирование); производство металлов и сплавов.

Основной продукцией черной металлургии являются: чугуны - переплавный и литейный; ферросплавы; стальные слитки – для производства сортового проката (рельсов, балок, прутков, полос, проволоки, листов, труб и т.д.) и кузнечные слитки – для производства крупных кованых деталей машин (валов, роторов, турбин, дисков и т.д.).

Основной продукцией цветной металлургии являются: слитки цветных металлов для сортового проката (уголков, полос, прутков и т.д.); слитки (чушки) цветных металлов для фасонных отливок на машиностроительных заводах; лигатура – для производства сложных легированных сплавов для фасонных отливок; слитки чистых и особо чистых металлов для нужд машиностроения.

Сегодня на Земле, грубо говоря, работает, примерно, на каждого жителя планеты по одной тонне металла – в машинах, сооружениях, средствах транспорта, наконец, обычных бытовых изделиях и др.

Все металлы и сплавы делят на чёрные и цветные: к первым относят железо (Fe) и сплавы на его основе (чугун с содержанием углерода более 2% и менее 2% - сталь) и на их долю приходится около 95% производимой в мире металлопродукции; цветные, или, точнее, не железные (все остальные металлы и сплавы).

Схематично показанный на рисунках кругооборот металла состоит из нескольких стадий:

- Стадия 1 представляет собой добычу первоначального сырья (руды), его транспортировку и подготовку;

- Стадия 2 – это металлургическая переработка полученных железорудных концентратов. Произведённые металлы подвергаются обработке различными способами и образующиеся отходы металлургического процесса (при разливке металла, шлаки, золы и др.) снова возвращаются в производство;

- Стадия 3 – произведённые металлы и сплавы (стадия 2) идут на последующую переработку: изготовление прокатной продукции (лента, листы, проволока и др.); литьё отливок, а образующиеся при этом отходы используются в данном металлургическом производстве;

- Стадии 4 и 5 – соответствуют этапам изготовления машин, аппаратов, строительных конструкций и предметов потребления. Если отходы, образующиеся на этих стадиях, имеют достаточно высокое качество, они возвращаются на стадию 3, а при несоответствии этому условию на стадию 2;

- Стадия 6 – состоит в использовании машин, аппаратов, предметов потребления, зданий и сооружений в производственных и непроизводственных сферах; содержащийся в них металл является составной частью металлофонда народного хозяйства;

- Стадия 7 – по истечении определенного периода использования металлоизделий наступает их физический и моральный износ. Они выбывают из эксплуатации, но благодаря содержащемуся в них металлу обладают потребительской стоимостью и используются в металлургическом производстве в качестве сырья.

Таким образом, сохранность металла, кроме его потерь, обеспечивается его кругооборотом в народном хозяйстве. Лом и отходы, образующиеся на разных стадиях кругооборота металла, можно объединить в следующие группы (источники образования):

- отходы металлургической промышленности, возникающие на первом и втором металлургическом переделах, а также при производстве литья (текущие отходы металлургической промышленности);

- отходы металлообрабатывающей промышленности и строительстве (текущие отходы металлообрабатывающей промышленности);

- амортизационный лом (старый лом).

Процесс кругооборота металла сопровождается образованием не только лома и отходов, но и металлосодержащих вторичных видов сырья (шлаков, окалины, золы, шламов), а также большими потерями металла (коррозия, износ и др.). Если известны все эти составляющие, то на основе данных о количестве поступающего в оборот металла можно судить о размере металлофонда в народном хозяйстве и возвращаемой в оборот доли лома. Подробные данные

о кругообороте металла в народном хозяйстве являются, таким образом, важной предпосылкой для определения ресурсов лома.

В современных условиях международного разделения труда, одной из отраслей специализации России является национальная металлургическая промышленность. Продукция российской металлургии составляет значительную долю в мировом производстве и торговле металлами. В 2001 году в России было произведено 58,97 млн.т. стали или 7% мирового выпуска (4 место в мире), а выплавка чугуна составила 44,98 млн.т. (2 место в мире), включая доменные ферросплавы. При этом из общего объема производства проката черных металлов экспортировалось 55%, что составляет 26 млн.т. или около 10% мировой торговли (1 место в мире). Доля России в мировом производстве шести основных видов цветных металлов (алюминий, никель, медь, цинк, свинец, олово) составляет около 8,5%. На экспорт поставляется около 80% от общего производства основных цветных металлов и 70% редких металлов. Суммарная доля черных и цветных металлов в общем объеме промышленного производства России составляет 16%.

Таким образом, отечественная металлургия функционирует в общей системе мировых хозяйственных связей, и ее состояние в значительной степени зависит от тенденций развития мировой металлургии. В экспорте черной металлургии сырье и полуфабрикаты (руда, лом, кокс, чугун, слитки, заготовки, слябы) составляют более 60%. В экспорте цветной металлургии 80% приходится на основные первичные металлы, и только 10% на продукцию более высоких переделов (прокат и другие металлоизделия). В результате действия этого фактора уровень загрузки мощностей по производству конечной металлопродукции (труб, проката) существенно ниже по сравнению с уровнем загрузки для металлопродукции более низких переделов (руда, чугун, заготовка и первичные металлы).

По прогнозу Минпрома, к 2010 году мощности России по выпуску стали составят 68 – 70 млн.т., а потребление черных металлов увеличится почти вдвое, до 30 – 45 млн.т. Основными потребителями отечественной стали будут такие отрасли, как автомобилестроение, станкостроение, судостроение, трубопроводный транспорт и капитальное строительство.

ПОДСЕКЦИЯ «СВАРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО»

ЭЛЕКТРОШЛАКОВЫЙ ПЕРЕПЛАВ ОТХОДОВ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

Барышев А.А. студент гр. СП-92
Гараев А.Р. студент гр. СП-91
Гармашов В.А. студент гр. СП-91
Иванайский А.А. аспирант каф МБСП

Проблема быстрого износа, а также переработки ломаного и изношенного инструмента из быстрорежущих сталей всегда очень остро стояла перед исследователями. Один из способов решения данной проблемы был рассмотрен в данной работе.

Электрошлаковый переплав предназначен для получения особо качественных легированных сталей и сплавов. Он имеет значительные преимущества в сравнении с электродуговым переплавом. За счет повышения качества защиты переплавляемого металла от растворимых и нерастворимых газов, неметаллических включений, в том числе наиболее вредных примесей – серы и фосфора. Кроме того, металл после переплава обладает высокой однородностью механических свойств в продольном и поперечном направлении, значительно улучшенную деформируемость (прошиваемость) и повышенную свариваемостью.

В общем объеме инструмента, производимого и потребляемого машиностроительной промышленностью, значительный удельный вес составляет инструмент из быстрорежущих сталей. По результатам множества работ, посвященных вопросам повышения коэффициента использования быстрорежущих сталей, сокращению отходов в процессе изготовления, повышения качества, стойкости и прочности инструмента, была доказана высокая производительность литого инструмента, не уступающего, а в некоторых случаях даже превосходящего по стойкости инструмент из ковальной быстрорежущей стали. Накопленный опыт показал, что износ литых ножей происходит медленнее кованых, стойкость литых ножей не ниже кованых и хрупкости литых ножей обнаружено не было.

Однако при всех положительных качествах литой инструмент, полученный путем заливки жидкого металла в форму, имеет весьма существенные недостатки, определяемые технологией его изготовления. При получении крупных отливок, таких как цилиндрические фрезы, долбяки, фасонные и тангенциальные резцы очень часто получается неисправимый брак из-за литых дефектов в виде усадочных раковин, пористости, трещин. При заливке быстрорежущей стали в формы наблюдается иногда пониженная стойкость инструмента из-за развитой химической неоднородности, загазованности металла, наличия шлаковых включений.

Данная работа ставила своей целью отработку режима ЭШП для получения слитков – заготовок небольших размеров требуемого сечения; исследование полученного металла по всем показателям (химический состав, химическая неоднородность, механические свойства, стойкость и т. д.) для определения возможности изготовления из него инструмента без последующей проковки.

Исследования проводились на приспособленной к этому экспериментальной установке А-750 Барнаульского котельного завода, предназначенной для электрошлаковой сварки изделий пластинчатым электродом сечением от 10*100 мм до 40*40 мм и более. Источником питания установки А-750 являлись три сварочные трансформатора с жесткой внешней характеристикой типа ТШС –3000-3.

Для проведения первых опытных работ по электрошлаковому переплаву быстрорежущих сталей на установке А-750 применялся двухстенный кристаллизатор с закрытой водяной полостью и глухим, охлаждаемым дном. Кристаллизатор - кокиль имеет внутреннюю коническую рубашку с диаметром внизу 60 мм иверху кокиля – 65 мм. Высота кристаллизатора 250 мм. В качестве расходных электродов для ЭШП использовались изношенные и ломаные протяжки круглого, квадратного и прямоугольного сечений, сверла, зенкера диаметром 25-50 мм и другой ломаный инструмент. Для получения штанг длиной 800 – 2000 мм отходы

инструмента диаметром 20-50 мм сваривались встык на обычной стыковой машине или вручную электродами соответствующей марки. Ввиду того, что применение мелких отходов невозможно для изготовления штанг путем их стыковки была опробована возможность получения штанг путем переплава в индукционной печи. Выплавленный металл заливался в формы, полученные методом литья по выплавляемым моделям. Таким образом получались стержни диаметром 50 мм и длиной 300 мм, которые затем стыковались в штанги для ЭШП.

Из слитков заготовок, полученных путем ЭШП отходов инструмента, вырезались темплеты для макро- и микроисследования, отбирались пробы на химический анализ сталей, изготавливались образцы для механических испытаний металла, вырезались пластинки для проходных резцов и вытачивались диски для круглофасонных резцов, проходивших затем стойкостные испытания. Рассмотрение макрошлифов продольных и поперечных разрезов, исследованных заготовок, позволило установить дендритное строение слитков с расположением главных осей дендритов под углом 30° (для слитков средним диаметром 60 мм) и углом 40° (для слитков средним диаметром 70 мм) к вертикальной оси слитка, направленных снизу вверх и от поверхности к центру.

Макроструктура переплавленного металла мелкокристаллическая, плотная, не имеющая трещин, пор, раковин, видимых неметаллических включений и однородная (мелкозернистая корка у поверхности слитка небольшая 2-5 мм; зона транскристаллизации отсутствует и заготовка состоит, в основном, из загибаемых сверху, асимптотически приближающихся к вертикальной оси слитка столбчатых кристаллов, постепенно переходящих в небольшую зону равноосных кристаллов в центральной части заготовки).

Высокое качество структуры переплавленного металла обуславливается специфическими особенностями кристаллизации, присущими только методу ЭШП.

Первые слитки – заготовки стали Р 18 после извлечения из кристаллизатора охлаждались на воздухе, в результате чего в некоторых из них были обнаружены трещины. В последующем, все слитки закрываются листовым асбестом или погружаются в горячий песок, вместе с которым медленно охлаждается.

Было также замечено, что не следует задерживать слиток в кристаллизаторе, а по возможности быстрее выталкивать его и утеплять, т. к. в противном случае также возникает возможность появления трещин. Лучшим вариантом сохранения слитка является его отпуск в небольшой печи сразу же после окончания плавки.

Переплавленный металл имеет примерно вдвое меньше неметаллических включений чем исходный и главное, что эти включения мелкие и равномерно распределены в теле слитка.

Результаты химических анализов стали марки Р 18, переплавленной из отходов инструмента, показали, что содержание С, V, Cr, W остается в пределах норм, установленных ГОСТом, а содержание вредных примесей значительно снижено.

Механические свойства металла слитков – заготовки из стали Р 18 определялись на установочной партии стандартных образцов для испытания на разрыв, вырезанных вдоль вертикальной оси слитка, а также на ударных образцах, взятых в продольном и поперечном направлениях. Сравнение результатов испытаний подтверждают выводы о высокой однородности механических свойств в продольном и поперечном направлениях.

Микроструктура быстрорежущей стали Р18 из слитков – заготовок диаметром 60/65 и 75/85 мм, полученных ЭШП отходов инструмента, изучалось на микрошлифах при увеличении 115. На шлифе в отложенном состоянии отчетливо видна карбидная сетка, расположенная по границам зерен, имеющим перлитно-сорбитную структуру.

С целью проверки качества литого металла быстрорежущих сталей, полученных ЭШП, были изготовлены проходные резцы и круглофасонные резцы из переплавленной стали Р18, а для сравнения, такие же резцы из ковanej стали и литой инструмент. Все резцы перед испытаниями подвергались одинаковой термической и механической обработке по режимам для стали Р18.

Проходные резцы исследовались на стойкость методом точения на углеродистой стали марки 45, с периодическими замерами степени износа инструмента. Круглофасонные резцы

из переплавленной стали P18 были изготовлены на АМЗ и поставлены рядом с серийным инструментом из ковanej стали на обработку промышленных деталей.

Предварительна обработка данных по исследованию стойкости инструмента, изготовленного из переплавленных отходов быстрорежущей стали в сравнении с кованным и литым инструментом, показывает, что резцы из металла полученного с помощью ЭШП без проковки и перетяжки (т.е. в литом состоянии), не уступает серийному инструменту, а отдельных случаях и превосходит его.

Благодаря данной работе была установлена практическая возможность и целесообразность использования отходов ломаного и изношенного инструмента из быстрорежущих сталей путем ЭШП их на небольших установках типа А – 750 непосредственно на машиностроительных заводах.

Высокое качество металла и необходимые размеры слитков-заготовок, получаемых в результате ЭШП отходов инструментальных сталей, открывает возможность изготовления некоторого режущего инструмента непосредственно из переплавленного металла, минуя во многих случаях дорогостоящую проковку и перетяжку.

Исследования структуры и свойств металла небольших слитков-заготовок быстрорежущих сталей подтверждает основные преимущества переплавленного металла инструментальных сталей, полученных ИЗС и металлургическими заводами на слитках крупных сечений большого развеса.

Режущий инструмент, изготовленный из слитков-заготовок, по стойкости не уступает серийному кованому и литому инструменту.

Открываются большие возможности получения новых еще более качественных марок сталей на основе переплавляемых отходов быстрорежущих сталей, путем введения необходимых модификаторов и легирующих элементов в процессе переплава ломаного, изношенного инструмента и стружки.

НЕКОТОРЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ШТУЦЕРНЫХ ЗАГОТОВОК ПОЛУЧАЕМЫХ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПЕРЕПЛАВА

.Бахарев М.В. студент гр. СП-91
Бердыченко А.А. студент гр. СП-91
Иванайский А.А. аспирант кафедры МБСП

При изготовлении заготовок штуцеров для барабанов котлов возник ряд трудностей связанных с нестабильностью электрошлакового процесса.

Проведенные эксперименты показали, что для получения полного сплавления необходима небольшая глубина шлаковой ванны, поэтому необходима точная дозировка порции жидкого шлака приготавливаемого в тигле. Так как предполагается использовать один и тот же тигель для предварительного расплавления флюса при жидком старте процесса ЭШПр штуцерных заготовок, контроль за объемом наводимой порции шлака в тигле легче будет вести не по уровню шлака до контрольного отверстия, а по уровню шлака до горизонтальной контрольной проточки.

Для получения полости в штуцерной заготовке диаметром 219 мм предполагается использовать дорн диаметром 100 мм. Плавильное пространство при этом будет представлять собой кольцевой зазор 60 мм. Из условия безопасного ведения процесса ЭШПр зазоры кристаллизатор – электрод и электрод – дорн принимаем равными 20 мм. Поэтому толщина стенки трубчатого электрода может быть максимум 20 мм при его наружном диаметре 180 мм. Для того, чтобы процесс ЭШПр протекал стабильно, сход расплавленного металла с торца электрода должен быть равномерным по всему периметру. Этого можно добиться сделав на трубчатом электроде продольные прорезы с шагом 60 – 80 мм. В случае отсутствия труб подходящего типоразмера электрод можно сделать наборным из прудка диаметром 20 мм.

Сборку электрода и приварку инвентарной головки необходимо производить на специальном стенде.

Как известно значительное увеличение содержания оксидов в металле ухудшает его служебные свойства.

Металл, подвергаемый электрошлаковому переплаву, отличается от металла обычной выплавки меньшим количеством и меньшим размером включений. Это в полной мере относится и к оксидам.

Но проведенные исследования показали, что металл штуцерных заготовок диаметром 133 мм полученных методом ЭШПр значительно загрязнен оксидами балл 2 – 4 по ГОСТ 1778 – 70 тогда как основной металл (металл коллектора) и электрод имеют оксиды балл 2 – 2.5. Отчасти это можно объяснить тем, что электроды перед плавкой не очищались от ржавчины и грата, и за счет того, что круглая часть электрода плавилась на поверхности мелкой шлаковой ванны и при этом происходило интенсивное окисление металла.

Площадь поперечного сечения затравочной пластины переплавляемой в начальный момент приливки, невелика. Поэтому при токе 1800 – 2000 А и напряжении 52 В её заглубливание в шлаковую ванну достаточное и окисление электродного металла кислородом атмосферы минимальное. Основной причиной образования оксидов в данной части штуцерной заготовки является SiO_2 , количество которого в флюсе АНФ – 6 2%.

Снижение содержания SiO_2 в исходном флюсе можно достичь в частности путем раскисления порции жидкого флюса в тигле алюминием. Для более быстрого оседания образовавшихся королек металла целесообразно использовать ферроалюминий, что повысит удельный вес королек и скорость их оседания.

Начальный период плавки, когда плавится затравочная пластина с небольшой площадью поперечного сечения, вели при небольшом значении тока, что не приводило к перегреву шлаковой ванны, и процесс протекал устойчиво. Но когда начинала плавиться круглая часть электрода, такая $H_{ш.в.}$ не позволяла увеличивать скорость подачи электрода. Шлаковая ванна перегревалась, устойчивость процесса снижалась, и плавление электрода происходило на ее поверхности с интенсивным образованием оксидов. Добиться достаточного заглубливания электрода в шлаковую ванну для уменьшения интенсивности окислительных процессов без нарушения устойчивости процесса плавки можно повышая скорость подачи электрода с одновременным увеличением $H_{ш.в.}$ до 80 – 90 мм, потому что для ЭШПр рекомендуется $H_{ш.в.} = (0.5 - 1.3)d_{кр}$, где $d_{кр} = 140$ мм – диаметр кристаллизатора.

Окислительные процессы протекающие в ходе ЭШПр нежелательны не только с точки зрения образования оксидов, но и по той причине, что происходит окисление и переход в шлаковую ванну легирующих элементов. Потери элементов могут достигать 20 – 90 % от их содержания расходуемом электроде, это также влечет за собой ухудшение служебных свойств металла. Если в электроде содержание легирующих элементов будет находиться на нижнем пределе требований технических условий, то в следствии течения окислительных процессов химический состав штуцерной заготовки не будет соответствовать требованиям технических условий. Это всё говорит не только о необходимости снижения интенсивности окислительных процессов, но и о необходимости введения легирующих добавок в процессе ЭШПр в шлаковую ванну.

Проведенные эксперименты показали, что проплавление коллектора по периметру штуцерной заготовки неравномерное. Это объясняется следующими причинами: во-первых, в нижней зоне (А) проплавление минимальное, так как контакт с перегретой шлаковой ванной в этом месте был менее длительным, чем в верхней зоне (В), где наблюдается максимальное проплавление. Во-вторых, в зоне В на единицу поверхности кромки технологического отверстия приходится значительно больший объем жидкого шлака, чем в зоне А, поэтому даже при одинаковом удельном тепловом потоке в охлаждающий кристаллизатор, шлак в зоне А теряет свою тепловую энергию значительно быстрее чем в зоне В и в зоне А получается местное захлаживание шлаковой ванны.

В ходе экспериментов были опробованы конструкции кристаллизаторов с симметричным и несимметричным подводом охлаждающей воды. В обоих случаях было достигнуто полное сплавление штуцерной заготовки с коллектором, но при несимметричном охлаждении разница в проплавлении зоны А и зоны В максимальная и даже при небольшом отклонении значений параметров режима ЭШПр от заданных получалось несплавление.

Все это говорит о том, что определенное внимание на качество сплавления оказывает избирательный теплоотвод кристаллизатора, интенсивность которого больше в местах подвода охлаждающей воды.

Как видно из выше сказанного, более предпочтительно применение кристаллизатора с симметричным подводом и отводом охлаждающей воды. Но у такого кристаллизатора существенным недостатком является расположение подводящих патрубков внизу, поэтому они не позволяют приливать штуцерные заготовки на небольшом расстоянии друг от друга.

Устранить этот недостаток можно изменив конструкцию подвода охлаждающей воды. В данном случае охлаждающая вода направляется к местам наибольшего проплавления коллектора по каналам расположенным внутри кожуха, и подводящие патрубки расположены сверху.

В описанных выше кристаллизаторах использовались формирующие слиток изложницы точечные из сплошных слитков меди, полученных методом ЭШП. Отсутствие сварных швов в рабочей зоне и значительная толщина стенки обеспечивали надежную герметичность изложницы и правильную геометрическую форму приливаемой штуцерной заготовки. Но так как стальной кожух соединялся с изложницей сваркой, то из – за большой жесткости это соединение было недолговечным, а ремонт сварных швов меди со сталью и меди с медью как известно затруднителен. Исключить протяженные сварные швы меди со сталью можно изготовив кристаллизатор из сплошного слитка меди с каналами для охлаждения воды. Избирательный теплоотвод в этой конструкции обеспечивается расположением горизонтальных каналов непосредственно над зонами максимального проплавления коллектора.

Одной из перспективных конструкций кристаллизатора может оказаться следующая конструкция. Формирующая штуцерную заготовку изложница верхней части кристаллизатора изготавливается из меди, стальной кожух крепится болтами через резиновые уплотнения. Нижнюю часть кристаллизатора вероятно необходимо будет изготавливать из бронзы, так как коэффициент теплопроводности у нее меньше чем у меди. Это обеспечит меньший теплоотвод в зоне А, что должно привести к большему проплавлению в ютом месте, а в зоне В должен быть достаточный теплоотвод, так как толщина бронзовой части в этом месте наименьшая. Достоинством данной конструкции является возможность использования верхней части в сочетании со сменными нижними частями для приливки штуцерных заготовок к коллекторам различного диаметра. Это позволит экономить большое количество меди.

Как уже отмечалось, изложницы кристаллизаторов изготовленные из цельного медного слитка обладают рядом преимуществ перед сварными, но не всегда имеется медная заготовка необходимого размера и не всегда есть возможность получить ее методом ЭШП.. Поэтому изложницы кристаллизаторов с толщиной стенок до 18 мм можно сваривать ручным дуговым способом за 5 – 6 проходов с предварительным и сопутствующим подогревом до температуры 700 – 750⁰ С. Разделка кромок под сварку V – образная с углом 60 без зазора, притупление кромок 2 – 3 мм. Особое внимание при сварке продольных швов следует обращать на их начало. В случае расплавления кромок стыка в начальном участке шва образуется осевая трещина. Характерно, что возникновение таких трещин не зависит о коэффициента формы шва. Было установлено, что трещины не образуются, если сварку продольного стыка начинать на расстоянии 20 – 40 мм от кромок.

Перед наложением продольного шва в конце стыка обычно ставится прихватка длиной 50 – 100 на том же режиме. В месте перекрытия такой прихватки швом возможны дефекты в виде несплавлений и шлаковых включений. В связи с этим на свариваемых кромках необходимо имеет технологические припуски для вывода начала и конца шва. При отсутствии технологических припусков можно использовать приставные выводные планки. Для предотвращения протекания металла сварочной ванны и формирования обратной стороны шва необхо-

димо использовать графитовую подкладку. Валик получившийся с рабочей стороны изложницы калибруется на вальцах.

Для уменьшения жесткости фланцев в них делают кольцевые проточки, которые в процессе сварки повышают деформационную способность металла в околошовной зоне и тем самым снижают склонность к трещинообразованию.

О ЗАМЕДЛЕННОМ РАЗРУШЕНИИ СТАЛЕЙ ПРИ СВАРКЕ

Гунин С.Н. студент гр. СП-91

Петров В. П. к.т.н. профессор

Многие сварные конструкции в процессе их эксплуатации подвергаются весьма длительному воздействию постоянных нагрузок. Известно также, что одним из основных дефектов при сварке высокопрочных сталей является образование холодных трещин, особенностью которых является, как правило, замедленный характер их развития. Методы количественной оценки сопротивляемости сварных соединений образованию холодных трещин основываются на теории замедленного разрушения.

Явление замедленного разрушения связывают с пониженной сопротивляемостью границ зерен сдвигу по сравнению с телом зерна, что свойственно поликристаллическим телам при высоких температурах. В области низких температур способность к упруго-вязкому течению по границам зерен проявляют свежезаколенные стали, что связывают с повышением плотности дефектов в структуре в результате закалки. Склонность сталей к замедленному разрушению зависит также от характера напряженного состояния.

Закалочные явления, наблюдаемые при сварке сталей перлитного класса и снижающие запас пластичности металла околошовной зоны при одновременном его упрочнении, должны способствовать проявлению замедленного разрушения этих сталей после сварки.

Испытания проводили в условиях одноосного растяжения плоских образцов, нагретых по сварочному термическому циклу и охлажденных со скоростью выше второй критической. В таких условиях склонность к замедленному разрушению показали лишь стали с содержанием углерода более 0,35%.

Малоуглеродистые низко- и среднелегированные стали склонности к замедленному разрушению не проявили. Не показала ее и сталь 30ХГС, обладающая в таких условиях гораздо более низкой пластичностью по сравнению с первыми сталями, у которых отсутствие склонности к замедленному разрушению в какой-то мере может быть объяснено достаточно высокой пластичностью даже в закаленном состоянии (относительное удлинение при испытаниях на кратковременную прочность составило 20-25%).

Общей причиной для сталей, не проявивших склонности к замедленному разрушению, вероятно, является «мягкое» напряженное состояние при испытании гладких тонких образцов.

Таким образом, в условиях одноосного растяжения гладких образцов склонность к замедленному разрушению проявляется лишь у сталей с содержанием углерода $\geq 0,35$ %. В реальных же сварных конструкциях схема напряженного состояния сложнее, поэтому одноосное растяжение гладких образцов не дает объективной оценки склонностей сталей к замедленному разрушению. Кроме этого, при таких испытаниях необходимо учитывать развитие упруго-пластических деформаций в сварных соединениях в процессе их охлаждения, а также насыщение металла водородом, что, вероятно, позволит давать более объективную оценку.

В практике методики испытания на замедленное разрушение, позволяющее моделировать на образцах термический цикл сварки и разрушать образцы в процессе охлаждения в аустенитной области и в процессе мартенситного превращения, регулируя при этом степень деформации (методика ИМЕТ-4). Подобные испытания были проведены на установке ИМАШ-9-66 на сталях, о которых речь шла выше. При этом были получены интересные результаты. Однако ограниченный объем тезисов не позволяет привести эти результаты и дать подробный анализ о них.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ P18 В ЛИТОМ И КОВАНОМ СОСТОЯНИИ.

Зыков М.В. студент гр СП-91
Белошапкин А.В., Елгин А.Ю. студенты гр. СП-01
Иванайский Е.А. к.т.н. доцент

На кафедре «СП и МБ» Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова был проведен комплекс исследований по определению влияния параметров режима переплава на структуру и свойства литой быстрорежущей стали.

Полученные результаты позволили дать сравнительный анализ свойств электрошлаковых и индукционных отливок, а также проката диаметром 75 мм из которого были получены электрошлаковые отливки.

Исследования показали, что структура электрошлаковых сталей имеет более разорванную сетку ледебуритной эвтектики и более плавный переход между структурными составляющими по сравнению со структурами индукционных отливок.

Эти особенности структуры отливок оказали влияние на предел прочности. Предел прочности у образцов из индукционных отливок колеблется в пределах 92-108 кг/мм², тогда как у электрошлаковых отливок диаметром 70мм он равен 167-277 кг/мм² на периферии слитка, 156-245 кг/мм² на среднем радиусе и 132-288 кг/мм² в центре слитка, а у проката диаметром 75мм 336-395 кг/мм².

Таким образом, электрошлаковые отливки имеют предел прочности ниже, чем у проката, но в 1,5 – 2,7 раза выше, чем у индукционных отливок.

Исследования показали, что такая важная характеристика как твердость не зависит от режима выплавки, а зависит в основном от режима термообработки и закаленном состоянии составляет 65-66 HRC.

Одной из важных характеристик быстрорежущих сталей, определяющей режущие способности стали, является теплостойкость.

Теплостойкость стали зависит не только от химического состава, но и от характера структуры.

Исследование теплостойкости электрошлаковых отливок, индукционных отливок и проката показало следующее: величины теплостойкости периферии электрошлаковых и индукционных отливок и проката по мере повышения можно расположить в следующий ряд: электрошлаковая отливка диаметром 50мм (600-619⁰), прокат диаметром 75мм (603-618⁰), индукционная отливка диаметром 70мм (606,5-625⁰), электрошлаковая отливка диаметром 70мм (608-632⁰) и электрошлаковая отливка диаметром 100мм (607-653⁰)

Что касается таких физических свойств, как магнитная проницаемость и насыщение намагниченности, то они имеют наименьшее значение у индукционной отливки, затем у электрошлаковой отливки и наибольшее значение у проката.

В отношении коэрцитивной силы картина меняется на обратную.

Удельное сопротивление имеет наибольшее значение у индукционных отливок, затем у проката и наименьшее значение наблюдается у электрошлаковых отливок.

Анализ свойств электрошлаковых отливок показывает, что она обладает высокими механическими свойствами и теплостойкостью, что обеспечивает хорошую режущую способность материала.

Известно, что ковка литых быстрорежущих сталей сопровождается снижением карбидной неоднородности структуры.

Установлено также, что электрошлаковая быстрорежущая сталь при ковке крупных отливок имеет более высокую пластичность по сравнению с обычными отливками и дает меньшую карбидную неоднородность при одинаковых степенях обжата.

В условиях АМЗ переплав осуществляется мелкими слитками.

С целью определения влиянияковки на карбидную неоднородность при ковке мелких отливок на кафедре «МБиСП» было проведено исследование. Отливки диаметром 100, 70 и

50мм прокалывались на поковке с четырьмя степенями уковки: 1,3-1,7; 2,0-2,8; 5,0-6,0; 8,0-12,0, от которых потом отрезались поперечные темплеты толщиной 10-12мм.

Аналогичной обработке подвергались отливки диаметром 70 мм индукционной плавки, а также прокат. Темплеты проходили закалку с температуры 1280-1285⁰С и однократный отпуск в течении часа при температуре 680-690⁰С. Из темплетов вырезались секторы, на которых в продольном направлении по отношению к ковке, на расстоянии ½ радиуса от поверхности определялся балл карбидной неоднородности по шкале ГОСТ 5952-63.

Анализ данных по карбидной неоднородности поковок электрошлаковых отливок диаметром 100, 70 и 50мм показали, что различия, которые наблюдались в структуре отливок в зависимости от режима выплавки почти устраняются на поковках уже после 3-х и 4-х кратной степени обжатия.

Полное разрушение ледебуритной эвтектики на всех диаметрах исследуемых слитков произошло лишь при 10 кратном укове.

В электрошлаковых слитках диаметром 100, 700 и 50мм уже при степени обжатия 10-12 получалось карбидная неоднородность 3-4 балла, тогда как в слитках обычного производства эти значения достигались лишь при обжатиях выше 25 кратных.

Ковка электрошлаковых отливок диаметром 100, 70, 50мм и индукционных отливок диаметром 70мм приводит к повышению прочности. При увеличении степени укова до 5-6 прочность интенсивно повышается, а затем прирост прочности становится менее значительным.

Прочность проката в продольном направлении (равная для 75мм 350-380 кг/мм²) достигается при ковке электрошлаковых отливок до степени укова 5-6. Металл индукционной выплавки из отливок диаметром 70мм при этих степенях укова имеет прочность ниже, чем у проката (295-318 кг/мм²). Прочность проката в поперечном направлении (равная для диаметра 75мм 137-153 кг/мм²) ниже прочности литого электрошлакового металла на периферии слитка. Ковка по мере увеличения укова эту разницу увеличивает.

Ковка электрошлаковых отливок привела к понижению теплостойкости по сравнению с литым состоянием у отливок диаметром свыше 70мм.

Исследовалось также влияние режима выплавки и степени укова на фазовый состав электрошлаковой отливки с помощью рентгеноструктурного анализа.

Анализ показал, что в поковках из электрошлаковых отливок содержание карбидной фазы выше, чем у поковок из индукционных отливок и проката.

С увеличением степени укова уменьшается интервал содержания карбидной фазы по сечению.

В поковках из индукционных отливок процент карбидной фазы понижается с 17-20% до 13-19% из электрошлаковой стали соответственно с 22-30% до 12-16%, а у проката с 18-23% до 12-15%.

Распределение карбидной фазы в поковках из электрошлаковых отливок в отпущенном состоянии получается более благоприятным по сравнению с поковками из индукционных отливок, что может способствовать получению более высоких режущих свойств.

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЙНИТНЫХ СТРУКТУР СТАЛИ 20Х2НАЧ.

Иванов С.Г. студент гр. СП-91
Иванайский А.А. аспирант каф МБСП
Чепрасов Д. П. профессор кафедры МБСП
Свищенко В.В. доцент кафедры ОМД

При изотермическом распаде аустенита низколегированных низкоуглеродистых сталей в интервале температур 550-450⁰С образуется характерная бейнитная структура зернистой морфологии. Известно, что структуры зернистой морфологии могут формироваться в верхней части промежуточной области низкоуглеродистых низколегированных сталей. Вопрос о механизме формирования зернистых промежуточных структур изучен не достаточно.

Процесс формирования зернистого бейнита предположительно представляют так: как только зародыш достигает критического размера, он начинает быстро расти, причем скорость образования новой фазы повышается с понижением температуры. Растущий феррит постепенно окружает обогащенные углеродом аустенитные области, которые при последующем охлаждении распадаются на бейнитную альфа фазу и карбиды. По окончании процесса охлаждения может сохраниться небольшое количество не превращенных аустенитных участков, обогащенных углеродом.

Для уточнения строения, фазового состава и кинетики формирования зернистых структур в институте Гидродинамики РАН г. Новосибирска были исследованы образцы, вырезанные вдоль направления проката, из стали 20X2H4C, выпускаемые по ТУ 14-1-3779-84.

Предварительно была проведена ступенчато-изотермическая закалка данных образцов имеющих прямоугольную форму и размеры 7,5x12x2 мм. После нагрева в соляной ванне до 880 °С и выдержки в течении десяти минут образцы переносили в свинцовую ванну. Время, затрачиваемое на перенос, не превышало одной секунды. Температура в свинцовой ванне для каждой новой партии образцов понижалась на 50 °С в диапазоне от 550 до 400 °С. Время выдержки каждого последующего образца партии постепенно увеличивалось от 2 до 600 секунд. После выдержки в свинцовой ванне образцы охлаждались в воде. При этом не распавшийся аустенит превращался в мартенсит.

Рентгеноспектральный анализ и растровая электронная микроскопия проводились на растровом электронном микроскопе LEO 450.

Основными сигналами для получения изображения на электронном микроскопе являлись вторичные, отраженные электроны и поглощенные электроны. Для получения данных микрохимического анализа использовалось характеристическое рентгеновское излучение.

При использовании рентгеноспектрального микроанализа информация с поверхности образца на участке от 1 до 2 мкм и глубиной 1...2 мкм считывалась в течение 100 секунд. Микрохимический анализ производился по фазам. Было произведено по 14 замеров фазовой составляющей мартенсита и продукта распада аустенита в выбранных образцах.

Рентгеноспектральный микроанализ показал, что при фазовом превращении не происходит перераспределение легирующих элементов.

Установлено, что изотермические выдержки в интервале температур 450- 550 °С в течение 5-20 минут (время необходимое для прекращения распада аустенита) приводят к образованию зернистых структур, не содержащих остаточного аустенита.

Ступенчато-изотермическая закалка, позволила наглядно, по стадиям, проследить последовательность образования продуктов распада аустенита. Наличие остаточного аустенита в образцах после ступенчато-изотермической закалки не выявлено. Превращение при 550 °С начинается с появления добейнитной α -фазы. Добейнитная α -фаза образуется преимущественно по границам аустенитных зерен, где зарождение центров новой фазы облегчено. Через 20 секунд изотермической выдержки общее количество продуктов распада аустенита достигает 70-80 % . В некоторых редких участках начинает просматриваться карбидная фаза в виде отдельных или чередующихся пластин-игл. Последние более отчетливо видны после травления щелочным раствором пикрата натрия. Эти участки механической смеси α -фазы и пластинчатых карбидов следует считать верхним бейнитом, однако в рассматриваемой структуре его еще мало. Основная часть структуры состоит из добейнитной α -фазы, образовавшейся в результате γ - α превращения, в процессе которого карбиды не выделялись, а углерод диффузионно перераспределялся от фронта фазовой перекристаллизации, в не превращенный аустенит. Зерна добейнитной α -фазы, в основном, имеют полиэдрическую форму и различаются размерами в зависимости от времени образования. Они в одних участках примыкают друг к другу, в других выглядят как островковые включения, окруженные мартенситом, образовавшимся в процессе охлаждения. Следующие 40 секунд превращение идет со значительно меньшей скоростью, что связано с увеличением концентрации углерода в не превращенном аустените и повышением его устойчивости. За этот отрезок времени ещё примерно 20 % аустенита распалось, превратившись в основном в верхний бейнит. Электронная мик-

роскопия не выявила наличия глобулярных карбидов, характерных для зернистого бейнита. Появились признаки отпуска добейнитной α -фазы, образовавшейся на начальных стадиях распада.

Дальнейшие выдержки, незначительно увеличивая количество изотермически распавшегося аустенита, приводят к развитию отпускных процессов. В результате, в стали появляются мелкодисперсные глобулярные карбиды, придающие структуре более однородный зернистый вид.

Образование добейнитной α -фазы наблюдается и при более низких температурах изотермического превращения, вплоть до температуры 450°C. Количество аустенита, претерпевшего бескарбидный этап распада, с понижением температуры от 500 до 450°C, резко уменьшается, вследствие снижения диффузионной подвижности углерода. Количество верхнего бейнита в структуре соответственно растёт. Продукты распада аустенита становятся дисперснее.

При температуре изотермической выдержки 400°C распад аустенита начинается непосредственно с образования игольчатой механической смеси α -фазы и карбидов, идентифицированной как нижний бейнит.

В результате проведенных исследований установлено, что при температурах изотермической выдержки 550-450°C начальный этап промежуточного превращения является бескарбидным, т.е. образованию бейнита предшествует образование зернистой добейнитной α -фазы.

В процессе изотермической выдержки часть аустенита сохраняется, и при последующем охлаждении в воде превращается в мартенсит. Конечная структура состоит из добейнитной α -фазы, верхнего бейнита и мартенсита.

Добейнитной α -фазы тем больше, чем выше температура превращения. Присутствие значительного количества добейнитной α -фазы обуславливает зернистый характер конечной структуры.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ ПРОПЛАВЛЕНИЯ ПРИ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ НАПЛАВКИ ПО БИФИЛЯРНОЙ СХЕМЕ.

Ивкин А.А. студент гр. СП-92

Казачук Т.В. студентка гр. СП-92

Иванайский А.А. аспирант кафедры МБСП

При ведении процесса электрошлаковой наплавки или переплава основными технологическими параметрами являются электрический режим (I_p , U_p) и глубина шлаковой ванны ($H_{шл}$). Эти параметры определяются исходя из возможности получения качественного металла с хорошей поверхностью, максимальной производительности.

Но не менее важным вопросом является вопрос определения глубины подплавления основного металла. В первую очередь определение глубины проплавления основного металла необходимо при создании биметаллического штампового инструмента, когда слишком большое проплавление приводит к созданию широкой переходной зоны металлов отличающихся по химическому составу от основного и наплавленного.

Кроме того, чем больше глубина проплавления основного металла, тем больше количество теплоты должно быть введено в основной металл, что неизбежно приведёт к увеличению остаточных напряжений и деформаций.

Для исследования распространения тепла при электрошлаковых процессах применяются приближенные методы, дающие в ряде случаев приемлемые для практики результаты.

Базируясь на основных положениях теории тепловых процессов, для расчёта проплавления при электрошлаковой наплавке применим в качестве источника нагрева подвижный распределённый источник. Высота которого равна глубине шлаковой ванны $H_{шл}$ ширина равна ширине наплавки δ , а мощность P определяется выражением $P = P_n - P_{эл} - P_{м.в.}$, где

P_n – эффективная мощность источника

$P_{эл}$ - мощность шлаковой ванны, расходуемая на плавление электронов

$P_{м.в}$ – мощность теплопередачи шлаковой ванны металлической.

2. Расчётная схема.

Рассмотрим процесс распространения энергии от подвижного распределённого источника нагрева. Для этого разобьём источник на ряд линейных источников, длина которых равна ширине наплавки δ , а мощность определяется по формуле: $dP=q(x) \cdot \delta \cdot dx$, где $q(x)$ – локальная по осе X плотность теплового потока шлаковой ванны в основной металл

В случае сварки пластин приращение температуры $dT(r, x)$ от действия одного такого источника в точке с координатами (r, x) определялось бы по уравнению:

$$dT(r, x) = \frac{dP}{2\pi\lambda\delta} \cdot \exp\left(-\frac{v_n}{2a} \cdot x\right) \cdot K_0\left(r \cdot \sqrt{\frac{v_n^2}{4a^2} + \frac{b}{a}}\right), \text{ где}$$

λ , a , b – соответственно коэффициенты теплопроводности, температуропроводности и теплоотдачи

$K_0(U)$ – функция Бесселя второго рода нулевого порядка от мнимого аргумента

Однако в данном случае дополнительными граничными условиями являются наличие двух адиабатических плоскостей $Y=0$ и $Y=S$, и движение источника нагрева по поверхности наплавляемого штампа (проплавление не учитываем). Процесс распространения энергии от источника, находящегося на адиабатической поверхности полубесконечного тела, равноценен процессу распространения энергии в бесконечном теле от удвоенного по мощности источника.

Ограниченность размеров тела в направлении распространения основного потока учитывается отражением теплового потока от граничных плоскостей, что при однократном отражении равносильно введению двух дополнительных линейных источников dP' и dP'' .

Следовательно, приращение температуры в точке А от действия линейного источника dP с учётом отражения от граничных поверхностей примет вид:

$$dT_a(r, x) = \frac{q(x)}{\pi\lambda} \cdot \exp\left[-\frac{v_n}{2a} \cdot (\xi - x)\right] \cdot [K_0(Br_1) + K_0(Br_2) + K_0(Br_3)] dx$$

$$\text{где } B = \sqrt{\frac{v_n^2}{4a^2} + \frac{b}{a}}; \quad r_1 = \sqrt{(\xi - x)^2 + y^2};$$

$$r_2 = \sqrt{(\xi - x)^2 + (2S - y)^2}; \quad r_3 = \sqrt{(\xi - x)^2 + (2S + y)^2}$$

Интегрируя в пределах от $H_{шл}$ до 0 для точки А, расположенной на изотерме плавления, получим выражение:

$$T_m = \frac{1}{\pi\lambda} \cdot \int_{H_{шл}}^0 q(x) \cdot \exp\left[-\frac{v_n}{2a} \cdot (\xi - x)\right] \cdot [K_0(Br_1) + K_0(Br_2) + K_0(Br_3)] dx$$

позволяющее определить проплавление Y в любой точке по высоте шлаковой ванны. Однако для решения этого уравнения необходимо знать закон изменения локальной плотности теплового потока по высоте шлаковой ванны.

3. Определение локальной плотности теплового потока.

$q(x)$ определим расчетно-экспериментальным методом. Шлаковую ванну разобьём по высоте n частей высотой $H_{шл}/n$. В каждой части действует линейный источник мощностью $P_i = q_i \cdot \delta \cdot H_{шл}/n$. Тогда температура в точке с координатами (Y, ξ) , лежащей на изотерме плавления с учетом граничных условий согласно принципу наложения определяется:

$$T_m = \frac{H_{шл}}{\pi\lambda n} \sum_{i=1}^n q_i \cdot \exp\left[-\frac{v_n}{2a} (\xi - x_i)\right] \left\{ K_0\left[B \sqrt{(\xi - x_i)^2 + Y^2}\right] + \right. \\ \left. \left\{ K_0\left[B \sqrt{(\xi - x_i)^2 + (2S - Y)^2}\right] + K_0\left[B \sqrt{(\xi - x_i)^2 + (2S + Y)^2}\right] \right\} \right\}$$

Подставляя в уравнение координаты n точек изотермы плавления, полученной экспериментально, найдём искомые плотности теплового потока от шлаковой ванны в основной металл.

Сложный характер изменения $q(x)$ затрудняет расчет проплавления. Однако, если принять во внимание симметрию кривой $q(x)$ относительно среднего по высоте шлаковой ванны

сечения, то сложнораспределённый источник нагрева можно заменить на плоский со средней плотностью теплового потока $q_{cp}=(P_{и}-P_{эл})/F$, где F – суммарная поверхность контактирования шлаковой ванны с основным металлом и зеркалом металлической ванны.

4. Расчёт проплавления.

Поскольку максимальное проплавление наблюдается в точке с координатой $\xi=0$, то с учетом вышесказанного, уравнение для расчета максимального проплавления примет вид:

$$T_{пл} = \frac{q_{cp}}{\pi\lambda} \cdot \int_{H_{шл}}^0 \exp\left[-\frac{v_n}{2a} \cdot x\right] \cdot [K_0(Br_1) + K_0(Br_2) + K_0(Br_3)] dx, \text{ где}$$

$$r_1 = \sqrt{x^2 + y^2}; \quad r_2 = \sqrt{(x^2 + (2S - y)^2)}; \quad r_3 = \sqrt{x^2 + (2S + y)^2}$$

Выводы:

1. Проплавление металла при электрошлаковой проплавке определяется плотностью теплового потока шлаковой ванны в основной металл, рассчитываемой по тепловому балансу шлаковой ванны, глубиной шлаковой ванны и скоростью наплавки.

2. Плотность теплового потока в основной металл по высоте шлаковой ванны неравномерная. Наибольшее значение плотности потока имеет место в верхней и нижней частях шлаковой ванны, наименьшее на высоте ванны, примерно совпадающей с положением в ней конца электрода.

3. Разработанная методика расчета проплавления при электрошлаковой наплавки штампов обеспечивает хорошую сходимость экспериментальных и расчетных данных и может быть распространена на электрошлаковую наплавку других изделий прямоугольной формы, как по бифирирной, так и по монофилярной схемам наплавки.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ НАПЛАВКИ МОДЕЛИ КРУПНОГАБАРИТНОГО ШТАМПА

Кузнецов В.А. студент гр. СП-92
Маньковский С.А. студент гр. СП-92
Кровяков К.С. к.т.н. доцент

Основным назначением экспериментальных наплавки на моделях натурального образца является отработка технологии процесса ЭШН.

Режим электрошлакового процесса моделированию не поддается ввиду зависимости безразмерных критериев подобия от линейных размеров установки.

Установка для моделирования процесса ЭШН предназначена для закрепления в положение для наплавки штампа, кристаллизаторов и другой технологической оснастки. Исходя из геометрической формы штампа и кристаллизаторов, удобной для крепления вышеуказанной оснастки является П-образная рама, установленная на основание.

Рама сваривается из швеллера, сверху и по боковым поверхностям высверливаются отверстия под крепежные болты, с внутренней стороны рамы коаксиально с отверстиями привариваются гайки крепежных болтов. Основание изготавливается из листового железа. К основанию привариваются ножки, вывод заземления и вывод «нулевого» провода. П-образная рама крепится к основанию с помощью болтового крепления.

В качестве технологической оснастки на установку для моделирования процесса ЭШН крепятся упорные ролики.

Во время ведения процесса ЭШН возможно проявление колебательных движений сплавляющих электродов, являющиеся следствием протекания по электродам тока плавки. При значительных колебательных движениях возможно закорачивание электрода на тело штампа или лицевой кристаллизатор, что, в последнем случае, может привести к прожогу кристаллизатора возникшим дуговым разрядом, а следовательно, к аварии. Для устранения подобной ситуации применяются упорные ролики, ограничивающие ход электродов в плоскости колебания. К раме упорные ролики крепятся при помощи болтов через изоляционные пластины и втулки.

Экспериментальные плавки показали, что добиться качественного сплавления наплавляемого и основного материалов на боковой грани призмы штампа без зазора между боковым кристаллизатором и штампом почти невозможно. Даже если и удастся осуществить это, то стабильности результатов абсолютно нет.

Для устранения данного недостатка процесса ЭШН штампа применили регулятор бокового проплавления, представляющий собой медную пластину определенной толщины. Изменяя толщину пластины и заглубление можно регулировать в определенных пределах величину бокового проплавления призмы.

Для проведения процессов ЭШН применяются различные типы кристаллизаторов – открытые, закрытые, оросительной системы и т. д. Формирующий кристаллизатор является важнейшей частью оснастки установки ЭШН. От надежности и долговечности кристаллизаторов зависит безопасность работы и правильность воссоздания формы детали.

В процессе эксплуатации кристаллизаторы подвержены электрохимической эрозии.

Под действием термического цикла процесса ЭШН происходит деформация кристаллизаторов, искажаются их первоначальные геометрические формы. Все это предопределяет трудности при выборе конструкции кристаллизатора. В качестве рабочего листа кристаллизатора (непосредственно контактирующего со шлаковой ванной) можно использовать как медные, так и стальные листы.

Нерабочая часть кристаллизатора изготавливается из малоуглеродистой стали. Медные листы успешно сопротивляются химической и электрохимической эрозии, но у них есть один крупный недостаток – дефицитность.

Стальные листы имеют короткий межремонтный срок службы. Поэтому сейчас стальные кристаллизаторы используются как лабораторные, для проведения экспериментальных плавки.

В наших экспериментах рабочие поверхности биметаллических кристаллизаторов изготавливались из листовой меди.

Подобные кристаллизаторы имеют большую остаточную деформацию после плавки, чем монометаллические. Дефицитность меди вынуждает использовать кристаллизаторы данного типа. Жесткость их повышается различными конструктивными вариантами.

Для лабораторной установки наплавки модельного штампа применили биметаллические панельные кристаллизаторы щелевого типа, показавшие высокую надежность в процессе экспериментов. Рабочий лист изготовлен из меди М4, а нерабочая часть – из материала сталь 3. Размеры каналов под охлаждающую воду на основании расчетов были приняты равными 20 x 20 мм, что вполне достаточно для охлаждения рабочего слоя.

Кроме формирующих кристаллизаторов использовались вводной и выводной кристаллизаторы, поддон. Их конструкция отличается от вышеописанной. Полость охлаждения этих кристаллизаторов коробчатого типа. Для увеличения жесткости в них свариваются ребра.

Все вышеописанное оборудование и приспособления служат одной цели – получение качественного наплавленного слоя металла.

Последовательность сборки установки под наплавку следующая.

Примерно устанавливают установку под аппаратом электрошлаковой наплавки, ставятся боковые кристаллизаторы, поддон и вводной кристаллизатор. Затем устанавливается модель штампа, вставляются регуляторы бокового проплавления, выводной кристаллизатор и все это с помощью крепежных болтов надежно стягивается, выверив предварительно необходимые зазоры и размеры.

Лицевые кристаллизаторы крепятся к боковым последовательно по мере поднятия шлаковой ванны до верхней кромки кристаллизатора. Крепление производится с помощью струбцин. На дно поддона ложится стальная пластина начала. В таком виде установка готова к процессу ЭШН штампового кубика.

ГОМОГЕНИЗАЦИЯ АУСТЕНИТА В УСЛОВИЯХ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ.

Маньковский С.А. студент гр. СП-92
Петров В. П. к.т.н. профессор

Условия скоростного высокотемпературного нагрева сталей при сварке приводят к двум основным особенностям строения аустенита: укрупненного зерна и недостаточной степени гомогенизации его. Второе обстоятельство в гораздо большей мере относится к сталям, легированным сильными карбидообразующими элементами и оказывает влияние на последующий распад аустенита при охлаждении.

Степень однородности аустенита оценивали путем замера микротвердости на полированных образцах, подвергнутых термическому циклу сварки, и построения частотных кривых ее распределения. Исследовали низколегированные стали с различным содержанием углерода.

Исследованиями установлено, что общим в распределении микротвердости для большинства исследованных сталей является наличие достаточно широких интервалов и нескольких типов значений микротвердости. Широкий разброс значений микротвердости говорит о том, что в условиях сварочных процессов состав аустенита по углероду и легирующим элементам неоднороден. Различия в значениях микротвердости указывают на наличие различных структурных составляющих после охлаждения.

Повышение скорости охлаждения приводит к смещению пиков в область более высоких значений микротвердости. При этом величина смещения зависит от химического состава стали.

В слабозакаляющихся сталях такое смещение незначительно, а в закаляющихся (в среднеуглеродистых низко – и среднелегированных) и смещение существенно, и наблюдается несколько пиков значений микротвердости. Это говорит о том, что в легированных сталях даже при диффузионном распаде аустенита структура получается неоднородной.

Разброс значений микротвердости наблюдается и в простых углеродистых сталях. Высокотемпературный нагрев которых сопровождается более значительным ростом зерна в них по сравнению с легированными сталями. При относительно большом размере зерна времени для выравнивания аустенита по углероду в пределах зерна оказывается недостаточно.

Высокотемпературная выдержка, соответствующая условиям сварки с большой погонной энергией, или применение подогрева, приводит к выравниванию химического состава аустенита, приводящему к образованию и в среднеуглеродистых сталях реечного мартенсита. Это подтверждается как металлографическими исследованиями, так и уменьшением разброса и пиков значений микротвердости.

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ МЕТАЛЛА, НАПРАВЛЕННОГО ПРОМЫШЛЕННЫМИ МАРКАМИ СТАЛЬНОЙ ЛЕНТЫ.

Матюхин М.А., Карнаухов. О.В. студенты гр. СП-92
Петров В.П. к.т.н., профессор

К изношенным в процессе работы и восстановленным наплавкой деталям ходовой части грузовых вагонов предъявляются определенные требования, в том числе и по износостойкости наплавленного металла, которая в значительной мере определяется маркой стали электродной ленты.

При выборе марок электродной ленты исходили из условий промышленного изготовления ее, стоимости и возможности обеспечения необходимых свойств наплавленного металла: износостойкости, отсутствие трещин в наплавленном металле, формирования наплавленного металла. С учетом этого была выбрана холоднокатаная лента из сталей марок 10, 20, 30, 50, 65Г в сочетании со сварочным флюсом АН-348А.

Поскольку допускаемая степень износа данных деталей различна, то восстановление их возможно либо однослойной, либо двухслойной наплавкой. В соответствии с этим испытания на износ проводили по двум вариантам. Замеряли твердость наплавленного металла и выявляли наличие трещин.

Было установлено, что в металле, наплавленном сталью 50 и сталью 65Г имеются кристаллизационные трещины, а в металле, наплавленном лентой из сталей 10, 20, 30, трещины отсутствуют. При использовании ленты из сталей 50,65Г валики неравномерны по ширине и высоте, формирование неудовлетворительное. Такие ленты были отбракованы.

Испытания по двум вариантам показали, что износ наплавленного металла уменьшается с повышением содержания углерода в электродной ленте. Однослойная наплавка даже лентой из стали 10 показывает более высокую износостойкость, чем основной металл детали, при хорошем качестве формирования. Наплавка лентой из стали 20 повышает износостойкость по сравнению с лентой из стали 10 и также обеспечивает хорошее формирование. Лента из стали 30 незначительно повышает износостойкость по сравнению с лентой из стали 20, но формирование валика при этом хуже.

Таким образом, для наплавки изношенных деталей (клин, фрикционная планка) в качестве основной может быть рекомендована лента из стали 20, а в качестве заменителей из сталей 10 и 30.

ВЛИЯНИЕ ОПЛАВЛЕНИЯ ГРАНИЦ ЗЕРЕН НА СВОЙСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ СТАЛЕЙ.

Сидоренко А.В. студент гр. СП-92
Петров В. П. к.т.н, профессор

Влияние термического цикла сварки на свойства сталей, сказывается не только через структурообразование, но и через размер зерна в околошовной зоне. В металле околошовной зоны, нагреваемом при сварке до высоких температур, иногда наблюдается оплавление границ зерен, что, вероятно, должно сказываться и на механических свойствах. В некоторых случаях участок подплавления может быть местом зарождения горячих микротрещин и других дефектов, способных впоследствии развиться в холодные трещины.

Сварочные термические циклы воспроизводили на образцах, нагревая их на установке ИМАШ 9-66 до температур, при которых наблюдается оплавление грани аустенитных зерен. Нагретые таким образом образцы после охлаждения с различными скоростями испытывали на растяжение и определяли предел прочности относительное удлинение и сужение. Степень изменения механических свойств оценивали отношением показателей прочности и пластичности образцов с оплавленными границами зерен к одноименным показателям образцов без оплавления границ.

Исследования показали, что оплавление границ снижает показатели и прочности, и пластичности. Степень снижения механических свойств зависит от химического состава стали, и в наибольшей мере – от содержания в ней углерода.

С повышением содержания углерода в стали отрицательное влияние оплавления грани зерен на механические свойства сталей усиливается. Степень относительного уменьшения прочности наблюдается вплоть до 0,5% С, оставаясь практически неизменной при дальнейшем повышении содержания углерода. На кривой относительного изменения пластичности также наблюдается горизонтальный участок, однако границы его более узки и при $C > 0,65\%$ повышение содержания углерода приводит к более интенсивному снижению пластичности.

Описанный характер влияния оплавления грани зерен на снижение механических свойств сталей в зависимости от содержания в них углерода связан, видимо, с различной степенью развития высокотемпературной химической неоднородности грани зерен.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРУШАЮЩЕЙ НАГРУЗКИ ПРИВОДНЫХ РОЛИКОВЫХ ЦЕПЕЙ.

Сизиков П.Г., Тырыкин Р.А. студенты гр. СП-92
Иванайский Е.А. к.т.н. доцент

Одним из важнейших параметров приводных роликовых цепей, регламентируемых ГОСТом, является разрушающее усилие при статическом растяжении.

Практика эксплуатации приводных роликовых цепей, изготавливаемых отечественными промышленными предприятиями, показывает, что в ряде случаев цепи типа ПР с числом рядов свыше двух, а ПРТ с числом рядов свыше одного, не выдерживают разрушающих нагрузок, требуемых ГОСТом 10947-64. Причем, при условии соблюдения ТУ на изготовление и сборку цепи. Было установлено, что наиболее слабым звеном в цепи является валик.

В соответствии с техническими условиями, в настоящее время валики роликовых цепей изготавливаются из стали 25НЗ с последующей цементацией на глубину 0,9 – 1,15 мм. При существующей технологии изготовления валиков некоторый резерв повышения его прочности возможен за счет изыскания наиболее оптимальных параметров термической обработки, оптимального содержания углерода в стали, благоприятного сочетания твердости поверхностного слоя и сердцевины, глубины цементированного слоя и т. п.

Второй путь повышения разрушающей нагрузки является изыскание нецементируемых высокопрочных сталей применительно к валикам цепей. Нецементируемые высокопрочные стали в ряде случаев могут обладать, наилучшей прочностью и вязкостью по сравнению с цементируемыми.

Исследования практики изготовления цепей по опыту зарубежных промышленных предприятий показывают, что в большинстве случаев зарубежные фирмы изготавливают валики цепей из среднеуглеродистых легированных сталей с последующей объемной закалкой и низким отпуском.

Настоящий раздел работы посвящен изысканию возможности повышения величины разрушающей нагрузки приводных роликовых цепей за счет изготовления валиков из высокопрочных нецементируемых сталей. При этом преследовалась цель упростить технологии их изготовления и тем самым снизить себестоимость выпускаемой продукции.

1. Материал и методика эксперимента.

Свойства высокопрочных сталей после закалки и низкого отпуска обусловлены главным образом содержанием углерода.

Увеличение содержания углерода в низкоотпущенных сталях приводит к прямому повышению уровня прочности; при этом ухудшаются все характеристики стали, которые оценить ее сопротивление хрупкому разрушению на воздухе и в разных средах.

Выполненные в последние годы широкие исследования показали, что практическое применение в качестве надежного конструктивного материала получили стали с содержанием углерода 0,30 – 0,40 %, обладающие после низкого отпуска пределом прочности около 2000 Н/мм².

Чтобы получить стали с необходимой вязкостью и пластичностью, нужно ограничить содержание углерода до 0,5 % и обеспечить минимальное легирование их в особенности карбидообразующими элементами.

Исходя из критического анализа литературных данных по вопросам высокопрочных сталей и опыта зарубежных стран по производству валиков приводных роликовых цепей, основными материалами для исследования применительно к валикам служили как простые углеродистые, так и легированные стали мартеновских плавок, кроме стали 50ХФА.

Перед испытанием образцы подвергались закалке с оптимальных температур. Для предохранения от обезуглероживания нагрев под закалку производился в смеси чугунной стружки с отработанным карбюратором. После закалки испытываемые образцы подвергались отпуску в интервале температур 100 – 300 °С.

Механические свойства на осевое растяжение определялись на разрывной машине ГМС-50 на пятикратных круглых образцах типа (3 – 4) № 16 к, ГОСТ 1497-61. Статическому изгибу сосредоточенной силой подвергались натурные валики диаметром 12.72 мм, длиной 120 мм. Расстояние между опорами было всегда постоянное и равное 100 мм. Диаметр оправки 25 мм.

Ударная вязкость определялось по ГОСТ 9454-60. На каждое значение испытывалось по 5 – 7 образцов.

По мере увеличения легирующих элементов в стали имеет место возрастание ее пластических свойств и ударной вязкости во всем исследуемом интервале температур отпуска с одновременным ростом прочности на разрыв.

Так, например, при отпуске 180°C прочность на разрыв стали 40 достигает 158 кг/мм², 40X – 187 кг/мм², 40XH – 195 кг/мм², 40XINBA – 201 кг/мм². Прирост прочности стали 40XINBA по сравнению со сталью 40 составляет 20 %, а по сравнению со сталью 40X – 7 – 10 %. При этом ударная вязкость стали 40XINBA при той же температуре отпуска возросла почти в два раза по сравнению со сталью 40X и на 15 – 20 % по сравнению со сталью 40XH.

Аналогичная картина наблюдается и при других температурах отпуска, особенно по ударной вязкости.

Наиболее благоприятный комплекс механических свойств был получен по стали 40XINBA. Именно в этой стали, содержащей до 1 % вольфрама, высокая прочность сочетается с удовлетворительной пластичностью и вязкостью.

Дополнительным подтверждением благоприятного воздействия вольфрама (в сочетании с хлором и никелем) на механические свойства стали могут служить так же данные на которых полученные и описанные выше экспериментальные данные представлены с учетом разброса свойств прочности, пластичности и вязкости.

Некоторые закономерности выявляются при анализе особенностей влияния температур отпуска на ударную вязкость исследуемых сталей. Отпуск при температурах 200 – 300 °C снижает ударную вязкость сталей при одновременном снижении твердости и прочности. Такое снижение вязкости связано, как известно с явлением отпускной хрупкости.

Особенно сильное падение ударной вязкости наблюдается у стали 40X. Введение в сталь молибдена и вольфрама способствует уменьшению падения ударной вязкости. Было показано, что хром и марганец совместно или отдельно способствует развитию необратимой хрупкости, тогда как молибден, вольфрам и ванадий уменьшают снижение ударной вязкости за счет измельчения зерна стали.

Итак, сопоставление данных механических свойств позволяют придти к следующему заключению:

1. Среди исследованных сталей, кроме стали 50XФА, о которой речь пойдет ниже, сталь 40XINBA занимает особое место. Она обеспечивает не только высокую прочность на разрыв и высокие значения предела текучести, но и удовлетворительные свойства пластичности и вязкости в состоянии закалки и низкого отпуска на твердость 48 – 52 HRC.

2. Следующей по свойствам по свойствам является сталь 40X2H2MA. Благодаря наличию в стали молибдена наблюдается как высокие значения ее прочности на растяжении при температуре отпуска 180 – 300 °C, так и весьма удовлетворительные свойства пластичности и вязкости, с минимальным разбросом частных значений.

3. Сталь 40XH занимает промежуточное положение между хромистой сталью 40X и молибденовой 40X2H2MA. Она обладает достаточно высокими механическими свойствами в исследуемом интервале температур отпуска, сравнительно малой склонностью к провалу вязкости в области необратимой отпускной хрупкости. Между тем в состоянии закалки и низкого отпуска 180 – 200 °C Эта сталь характеризуется повышенным разбросом частных значений прочности, пластичности и вязкости, что свидетельствует о чувствительности этой стали к хрупкому разрушению.

4. Сталь 40 и 40X при столь высокой прочности 150 – 200 кг/мм² характеризуется сравнительно низкими значениями пластичности и вязкости, повышенным разбросом меха-

нических свойств, склонностью к хрупкому разрушению, вследствие наличия термических напряжений, повышенной чувствительностью к отпускной хрупкости первого рода.

Изложенные выше выводы хорошо подтверждаются результатами испытаний натуральных валиков типа 2ПР на статический изгиб сосредоточенной силой, а также результатами испытаний на срез.

Валики, изготовленные из стали 40Х1НВА показывали не только более высокие значения предела текучести $\sigma_{0,2\text{изг}}$, но и более высокий угол загиба по сравнению со сталью 40, 40Х, 40ХН, 40Х2Н2МА, с минимальным разбросом частных значений.

Характерной особенностью исследуемых сталей является наличие после закалки и отпуска высокой прочности на разрыв, изгиб и срез. При этом в сталях 40Х1НВА и 40Х2Н2МА получено удовлетворительное сочетание высокой прочности с пластичностью и вязкостью.

Однако, низкоотпущенная высокопрочная сталь обладает рядом серьезных недостатков, из которых самым важным является ее повышенная чувствительность к надрезу. Наличие концентраторов напряжений вызывает преждевременное хрупкое разрушение изделия.

Вопрос о том, свойственна ли большая чувствительность к надрезу именно низкоотпущенной стали или же высокопрочной стали вообще еще не совсем ясен. Одним из способов уменьшения чувствительности стали к надрезу должно быть воздействие на строение тонкой структуры стали, строение граничного слоя зерна в направлении увеличения в нем степени атомного порядка, воздействие на структурную или концентрационную неоднородность в направлении приближения к однородному состоянию по объему.

У стали с 0,40 – 0,45 % углерода после закалки и отпуска при 200 °С никель, хром, и особенно вольфрам, значительно повышают хрупкую прочность. Практически полное восстановление хрупкой прочности, а следовательно и повышение надежности, наблюдается при введении в сталь 3,5 – 4,0 % никеля, либо около 2 % хрома и около 1,5 % вольфрама совместно. Положительное влияние на хрупкую прочность оказывает молибден, ванадий и титан, но в меньшей степени, чем вольфрам.

Вопрос хрупкой прочности стали, применительно к валикам цепей, имеет первостепенное значение. Из соображения повышения износостойкости, по ТУ чертежа на изготовления валика, его твердость должна быть не ниже 48 единиц по Роквеллу и лежать в пределах 48 – 52 HRC.

Высокую твердость в исследуемых сталях можно получить только при отпуске 150 – 180 °С. Отпуск 200 – 220 °С приводит к падению твердости до 46 HRC, т. е. ниже требований ТУ чертежа.

При таком низком отпуске 150 – 180 °С и твердости 48 – 52 HRC кроме стали марки 40Х2Н2МА и 40Х1НВА, обладают повышенным разбросом частных значений прочности, пластичности и вязкости, что несомненно свидетельствует о склонности стали к хрупкому разрушению.

Опытами установлено, что отдельные образцы из сталей 40, 40Х и 40ХН при отпуске 150 – 180 °С разрушались на упругом участке диаграммы, показывая при этом прочность не выше 150 – 160 кг/мм², т. е. на уровне прочности образцов, прошедших отпуск 300 °С.

Низкая температура испытания есть средство выявления склонности стали к хрупкому разрушению.

Как видно, падение ударной вязкости у стали 40 и 40Х наблюдается уже при комнатной температуре. У стали 40Х1НВА практически отсутствует падение ударной вязкости в исследуемом интервале температур. Вплоть до температуры – 60 °С сохраняются высокие значения ударной вязкости, а, следовательно, данная сталь обладает меньшей чувствительностью к хрупкому разрушению, по сравнению с исследуемыми.

В качестве заключения следует отметить, что использование указанных выше сталей применительно к валикам цепей возможно только в том случае, если отпуск после закалки будет не ниже 200 – 220 °С. Сталь 40Х1НВА и 40Х2Н2МА составляют исключение.

Долгое время считалось, что силовые детали, изготовленные из цементуемых сталей, выдерживают ударно-изгибающие нагрузки благодаря высокой ударной вязкости мягкой

сердцевины. В то же время высокая поверхностная твердость гарантирует высокое сопротивление усталости и износу.

Однако, прямой связи между ударной вязкостью сердцевины и способностью цементируемой детали выдерживать без разрушения динамической нагрузки нет. Прочность цементируемых деталей и максимальная работа, которые они могут выдерживать до появления трещины в цементированном слое, увеличиваются по мере роста твердости сердцевины и прочности цементируемого слоя.

Наибольшей прочностью и вязкостью могут обладать нецементируемые детали даже из высокоуглеродистых сталей, так как они имеют высокую твердость сердцевины и более высокую и стабильную прочность поверхностного слоя по сравнению с цементируемыми сталями.

Можно предположить, что в нашем случае валики цепей, изготовленные из среднеуглеродистой стали могут оказаться прочнее и надежнее по сравнению с валиками из цементируемой стали 25НЗ.

Прочность валиков, изготовленных из среднеуглеродистых сталей значительно выше прочности аналогичны валиков из цементированной стали 25НЗ. Так, например валики из стали 40Х оказались почти в два раза прочнее, чем из цементируемой стали 25НЗ.

Аналогичные выводы вытекают из рассмотрения других сталей. При этом следует отметить, что при столь высоком значении максимального усилия разрушения углеродистые стали характеризуются достаточно высокими значениями пластичности и ударной вязкости. Ударная вязкость образцов при испытании углеродистых сталей, особенно 40ХН, 40Х2Н2МА и 40Х1НВА, оказалась существенно больше, на целый порядок, чем образцов цементируемых сталей. Это преимущество оказалось еще более разительным, если проследить за изменением угла загиба. Валики из цементируемой стали разрушались практически при нулевом угле загиба на упругом участке диаграммы, тогда как валики из углеродистых сталей показывали заметный остаточный угол загиба, величина которого возрастала с ростом степени легированности.

Цементированные валики из стали 25НЗ разрушались на упругом участке диаграммы, в то время как из стали 40Х2Н2МА и 40Х1НВА разрушение проходило после прохождения максимума разрушающей нагрузки, т. е. на спадающей ее части. Из стали 40 и 40Х отдельные образцы разрушались на упругом участке, а отдельные – на восходящей ветви диаграммы при остаточном угле загиба 10 – 50 °.

Таким образом, по статической прочности и ударной вязкости углеродистые стали исследуемых марок превосходят цементируемую сталь 25НЗ.

Разрывное усилие цепей типа 2ПР-44,45 валики которых изготовлены из стали 40ХН в среднем на 8 тыс. кг. больше по сравнению с разрывным усилием цепей с валиком из цементируемой стали 25НЗ. При изготовлении валиков из стали 40Х1НВА следует ожидать еще больший результат.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ НАПЛАВКИ ЛЕНТОЧНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ НА ГЕОМЕТРИЮ НАПЛАВЛЕННОГО ВАЛИКА.

Симулин С. А.. студент гр. СП-91
Петров В. П. к.т.н. профессор

Многие детали ходовой части грузовых вагонов работают в условиях повышенного износа. При определенной степени износа они подлежат восстановлению наплавкой. К таким деталям относится и клин тележки вагона. Наплавка изношенных поверхностей клиньев возможна различными способами. Высокопроизводительным процессом является автоматическая наплавка ленточным электродом. Однако и в этом случае важно подобрать оптимальные значения параметров режима наплавки, обеспечивающие минимальный припуск на механи-

ческую обработку наплавленной детали. Исследовали влияние режима наплавки на размеры валика.

Автоматическая наплавка выполнялась под флюсом АН – 348А на пластины из стали МСт.3 ленточным электродом из сталей 10; 20. Характер полученных зависимостей в обоих случаях оказался одинаковым.

Постоянным параметром во всех опытах был вылет электрода, переменными – напряжение дуги, сила тока, скорость наплавки. На каждом режиме выполнялось не менее трех опытов. По результатам обработки опытов определяли среднюю ширину валика, среднюю и минимальную высоту валика, отношение минимальной высоты к средней. Ширину валика измеряли штангенциркулем через 20 мм по длине валика, а высоту – с помощью индекатора. Отношение минимальной высоты валика к средней характеризует равномерность формирования высоты валика по его длине.

Анализ результатов исследований показал, что ширина и высота валика увеличиваются с увеличением силы тока и напряжения дуги и уменьшаются с увеличением скорости наплавки, в то время, как при наплавке электродной проволокой под флюсом с увеличением напряжения дуги высота валика уменьшается.

Отклонение минимальной высоты валика от среднего значения ее во всех опытах не превышало 18...20 %, что говорит о хорошем формировании наплавленного металла.

Обработка полученных результатов по определенной методике даст возможность построить номограммы, позволяющие при заданной максимальной величине износа детали подобрать режим, обеспечивающий минимальный припуск на механическую обработку.

АНАЛИЗ НОМЕНКЛАТУРЫ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА И ВЫБОР НА ЕГО ОСНОВЕ СХЕМЫ ПРОЦЕССА ЭШП И ЕГО ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Филатов Ю.А. студент гр. СП-91

Маснев А.В. студент гр. СП-01

Половцев О.В. студент гр. СП-01

Шабалин В.Н. к.т.н., доцент

В связи с резким удорожанием высоколегированных сталей остро встала проблема повышения ресурса работы режущего инструмента, утилизации и повторного использования металла непосредственно в условиях действующего предприятия. В связи с этим на ряде предприятий Алтайского края была внедрена технология электрошлакового переплава при изготовлении металлорежущего инструмента.

В настоящее время на Алтайском моторном заводе используются следующие виды режущего инструмента из быстрорежущей стали:

- резцы обычные, круглофасонные, тангенциальные;
- сверла, зенкера, развертки;
- протяжки прямоугольные и круглые (диаметром до 120 мм);
- фрезы дисковые, червячные шлицевые, торцевые.

Было установлено, что режущие свойства инструмента из литой электрошлаковой стали примерно в 1,5 раза выше, а износ меньше, чем у инструмента из проката. Кроме этого свойства инструмента из литой электрошлаковой стали зависят от режима переплава, который в свою очередь оказывает влияние, на направленность дендритов в электрошлаковых слитках. Наиболее благоприятной является перпендикулярная направленность главных осей дендритов к режущей кромке инструмента. Механические свойства литой электрошлаковой стали выше, чем у обычной литой быстрорежущей стали, но ниже чем у проката.

Прокованная электрошлаковая сталь имеет почти такие же режущие и механические свойства как и прокат, следовательно может применяться для всех видов инструмента изготавливаемого из быстрорежущего проката.

Анализ номенклатуры режущего инструмента показывает, что ряд наименований инструментов можно изготавливать из литой быстрорежущей стали получаемой методом ЭШП в кристаллизаторах соответствующей формы и диаметра.

Из литой быстрорежущей стали полученной методом ЭШП может быть изготовлено большое количество индексов инструмента, причем стойкость его будет значительно выше, чем у инструмента изготовленного из проката.

Из ковальной электрошлаковой стали могут быть изготовлены все типы и индексы инструмента.

На практике применяются в основном два варианта электрошлаковой переплавки расходных электродов:

1. с вытягиванием слитка из кристаллизатора в процессе его формирования, как при непрерывной разливке стали;
2. путем заполнения медной водоохлаждаемой изложницы кристаллизатора.

Для условий АМЗ подходит вторая схема. В качестве переплавляемых электродов используются отходы режущего инструмента.

Электрошлаковый процесс ведется в следующей последовательности: наведение шлаковой ванны, ведение процесса переплава, извлечение закристаллизовавшихся слитков из кокиля-кристаллизатора.

Для наведения шлаковой ванны сотрудниками кафедры «Сварочное производство и малый бизнес» АГТУ им.И.И. Ползунова была разработана специальная электропроводная смесь, обеспечивающая надежное и спокойное наведение шлаковой ванны.

После наведения шлаковой ванны, которое производится на малом токе, чтобы свести до минимума плавление штанги-электрода, производится увеличение тока до заданного предела, то есть выход на рабочий режим. Величина тока определяется скоростью подачи и диаметром переплавляемой штанги-электрода.

Длина штанги-электрода выбирается в соответствии с необходимой высотой заполнения соответствующего кристаллизатора с учетом хода установки А-550.

Штанги-электроды могут изготавливаться либо непосредственно из отходов инструмента с помощью сварки, либо из отходов предварительно переплавленных в индукционных печах и отлитых в кокили или корковые формы.

Для начала процесса используют электропроводную смесь. Данная смесь состоит из металлической стружки, флюса АН-26 и флюса АН-6, его количество так же зависит от диаметра кристаллизатора.

Так как применяемые источники питания имеют ступенчатое регулирование напряжение холостого хода, то ступень напряжения устанавливается перед началом процесса.

Рабочий ток устанавливается с помощью потенциометра на пульте управления после наведения шлаковой ванны.

При выборе режима следует иметь ввиду, что уменьшение тока ведет к ухудшению формирования слитка. При больших диаметрах электродов верхний предел тока ограничивается мощностью трансформатора.

После заполнения кристаллизатора источник питания отключается, а слиток выдерживается еще 5-7 минут в кристаллизаторе до затвердевания шлаковой и металлической ванны. После этого с помощью пневмоподъемника кристаллизатор поднимают, а остающийся слиток помещают в ящик с песком, для уменьшения скорости охлаждения.

После полного остывания слитка его подвергают термообработке - отжигу для снижения твердости и снятия внутренних структурных напряжений.

В дальнейшем режущий инструмент может изготавливаться как непосредственно из литой, так и из ковальной электрошлаковой стали.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ»

Подсекция «Технологии автоматизированных производств»

1. Антошкин С. В., Маркова М.И. Проектирование траектории движения инструмента при обработке на станках с ЧПУ 3
2. Захаров В.Ю., Черепанов А.А. Прогнозирование точности маложестких деталей с помощью математического эксперимента 4
3. Куранов А.В., Ситников А.А. Методы зачистки заусенцев 6
4. Мостовая Я. Г., Леонов С.Л. Система поверочных расчетов при проектировании технологических операции 6
5. Мостовая Я.Г., Щербаков Н.П. Имитационное моделирование бесцентрового шлифования 8
6. Полудённый А.В., Хоменко В.А. Повышение стойкости резцов для силового резания 9
7. Полудённый А.В., Щербаков Н.П. Целесообразность применения САПР при проектировании режущего инструмента 10
8. Филиппов А.Н., Аскалонова Т.А. Совершенствование отделочной обработки деталей топливной аппаратуры 10
9. Хоменко А.А., Маркова М.И. Определение плана выпуска изделий промышленного предприятия методом линейного программирования 11
10. Черданцев П.О., Щербаков Н.П. Анализ современных конструкций сборных червячных фрез 12
11. Филиппов А. Н., Щербаков Н.П. Совершенствование режущего инструмента 13

Подсекция «Общая технология машиностроения»

1. Воронина Е.А., Панов А.А. Расчет параметров приведенных звеньев динамических размерных цепей 14
2. Зюбина О.А. Методика расчета исполнительных размеров деформирующих инструментов 14
3. Ильченко Е.В., Марков А.М. Прогрессивные конструкции расточного инструмента 16
4. Литовченко А.Н., Фёдоров В.А. Применение метода принудительных отношений для проектирования конструкций режущего инструмента 17
5. Неверова Е.Б., Балашов А.В. Выбор режимов резания при функционально-стоимостном проектировании технологических операций 18
6. Нестеров В.С., Дятчин Н.И. Упрочняющее обкатывание вагонных осей 21
7. Скворцов Е.Ю., Панов А.А. Пути реализации метода групповой взаимозаменяемости 21
8. Стоцкий А.А., Лабецкий В.М. Совершенствование средств активного контроля при круглом шлифовании 22
9. Трялин А.П., Татаркин Е.Ю. Классификация способов плоского шлифования с помощью И-ИЛИ-графа 23
10. Ульянов Д.В., Татаркин Е.Ю. Экспериментальное исследование процесса формообразования нежестких валов 24
11. Хоменко А.А., Ятло И.И. Расчет профиля фрез для обработки винтовых канавок спиральных сверл 25
12. Шевелева Е.А. Обеспечение точности изготовления глубоких отверстий 27
13. Чернигина Е.М., Балашов А.В. Совершенствование технологической оснастки для обработки нежестких деталей методами поискового конструирования 28
14. Антошкин С.А., Пантыкин Д.В., Кряжев Ю.А. Экономическое обоснование выбора метода восстановления режущих свойств спирального сверла 29

15.Чернов А.В., Кряжев Ю.А. Определение критерия износа спирального сверла на основе использования теории размерностей и подобия	30
16.Фёдоров В.А. Нанесение покрытий методом электродуговой металлизации	31
17.Голубева Е.А., Марков А.М. Методы прогнозирования себестоимости механической обработки	32
18.Бадулина О.С., Ситников А.А. Расчёт толщины остаточного слоя покрытия	33
19.Исаев А.О., Марков А.М. Пути повышения точности установки заготовок на станках	34
20.Бондарь Е.Б., Марков А.М. Математическая модель обработки деталей из стеклопластиков	35
21.Буканова И.С., Ятло И.И. Влияние фактической площади контакта стыка на прочность прессового соединения «втулка-корпус»	37
22.Бочкарев Ю.Д., Ятло И.И. Особенности пластического деформирования охватываемой детали при дорновании неподвижных соединений "втулка-корпус"	37

Подсекция «Информационные технологии»

1. Петроченко Ю.И., Дробязко О.Н. Разработка элементов САПР электрической защиты в сетях 0,38 кВ	39
2. Мурзина О.В., Макарова Е.И. Разработка программно-информационного обеспечения для системы менеджмента качества отдела главного технолога ОАО ХК «Барнаул-трансмаш»	40
3. Пушкарев И.В., Козлов Л.А. Автоматизация проектирования продольного профиля трассы водопроводной сети	42
4. Пашкова Т.С., Левкин И.В. Разработка средств автоматизации управления компьютерной сетью	45
5. Кулагин А.А., Левкин И.В. Применение методов криптографической защиты информации при учете транспортных средств	46
6. Экгардт В.В., Дубровина И.С. Разработка информационного обеспечения проектирования каркасов паровых котлов	48
7. Меньших Г.И., Левкин И.В. Разработка информационного обеспечения автоматизированного рабочего места проектировщика корпуса паровых котлов	49
8. Галманов А.А., Степанов А.В. Моделирование технологических процессов в производстве сыра	51
9. Бочковский В.П., Лопухов В.М. Автоматизация расчетов сечений элементов железобетонных конструкций	52
10. Захаров А.С., Левкин И.В. Разработка информационного обеспечения автоматизированного рабочего места специалиста по защите информации в Алтайской ГИБДД	56
11. Боечко К.А., Лопухов В.М. Автоматизированная система моделирования напряженно-деформированного состояния деталей газового стыка дизеля	57
12. Бразовский В.В., Дружинин В.А. Расчет деформации резинометаллического шарнира	59

Подсекция «Теоретическая механика и механика машин»

1. Гурьева О.А., Андросов А.П. Оценка погрешности изготовления зубчатых колес методом копирования	62
---	----

Подсекция «Прикладная механика»

1. Вольных Д.П., Максименко А.А., Перфильева Н.В. Влияние динамических процессов нагружения на жесткость прессового соединения с учетом явления предварительного смещения.	63
2. Злобин А. В. , Максименко А.А., Перфильева Н.В. Контактное взаимодействие в упругом клиновом соединении в пределах трения покоя.	65

3. Химчинский С.Ю., Ушакова И.А., Максименко А.А., Тангенциальные контактные колебания гладких и шероховатых тел при взаимодействии ударных нагрузок.	66
4. Фроловский М.В., Куранаков С.Я. Расчет поврежденности жаропрочного сплава в условиях нестационарного малоциклового нагружения.	68
5. Куранаков С.Я. Экспериментальное исследование влияния частоты нагружения на долговечность жаропрочного сплава	70
6. Бусыгин В.Г. Определение критических скоростей вращения упругого ротора на упруго взаимосвязанных опорах.	71
7. Хаменский А.С., Бусыгин В.Г. Исследование причин вибраций барабана измельчителя соломы 56.707 сб.	71

Подсекция «Обработка металлов давлением»

1. Балахнев И.А., Поксеваткин М.И. Штамп для безоблойной штамповки поковок из труднодеформируемых материалов	73
2. Овчаров Г.А., Штильников А.А., Поксеваткин М.И. Новый способ штамповки изделий типа крестовин	75
3. Околович А.Г., Околович Г.А. Тайна булата	78
4. Штильников А.А., Овчаров Г.А., Поксеваткин М.И. Алгоритм выбора и расчета компенсаторов при штамповке выдавливанием	81
5. Штильников А.А., Овчаров Г.А., Поксеваткин М.И. Минимизация объема заготовки при закрытой штамповке	83

Подсекция «Литейное производство»

1. Барон В.С., Вершинина Т.В., Мустафин Г.А. Разработка технологии изготовления художественных отливок.	85
2. Бензик И.А., Марширов И.В. Система компьютерного моделирования «Полигон». Возможности и реальное применение.	87
3. Гордеев Д.С., Марширов И.В. Система компьютерного моделирования LVMFlow. Возможности и перспектива использования.	89
4. Курица В.В., Мустафин Г.А. Реологические модели литейной формы.	92
5. Морозов М. С., Москалев В. Г. Кругооборот черных и цветных металлов в металлургической промышленности.	93

ПОДСЕКЦИЯ «СВАРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО»

1. Барышев А.А., Гараев А.Р., Гармашов В.А., Иванайский А.А. Электрошлаковый переплав отходов инструментальных быстрорежущих сталей.	96
2. Бахарев М.В., Бердыченко А.А., Иванайский А.А. Некоторые пути повышения качества штуцерных заготовок получаемых с помощью электрошлакового переплава.	98
3. Гунин С.Н., Петров В.П. О замедленном разрушении сталей при сварке.	101
4. Зыков М.В., Белошапкин А.В., Елгин А.Ю., Иванайский Е.А. Определение свойств электрошлаковой быстрорежущей стали Р18 в литом и ковном состоянии.	102
5. Иванов С.Г., Иванайский А.А., Чепрасов Д. П., Свищенко В.В. Исследование бейнитных структур стали 20Х2НАЧ.	103
6. Ивкин А.А., Казачук Т.В., Иванайский А.А. Определение глубины проплавления при электрошлаковой наплавке по бифилярной схеме.	105
7. Кузнецов В.А., Маньковский С.А., Кровяков К.С. Проектирование и изготовление лабораторной установки для наплавки модели крупногабаритного штампа.	107
8. Маньковский С.А., Петров В.П. Гомогенизация аустенита в условиях сварочных процессов.	109
9. Матюхин М.А., Карнаухова О.В., Петров В.П. Износостойкость металла, направленного промышленными марками стальной ленты.	109

10.Сидоренко А.В., Петров В.П. Влияние оплавления границ зерен на свойства сварных соединений при сварке сталей.	110
11.Сизиков П.Г., Тырыкин Р.А., Иванайский Е.А. Исследование возможности повышения разрушающей нагрузки приводных роликовых цепей.	111
12.Симулин С. А., Петров В.П. Влияние режима автоматической наплавки ленточным электродом на геометрию наплавленного валика.	114
13. Филатов Ю.А., Маснев А.В., Половцев О.В., Шабалин В.Н. Анализ номенклатуры режущего инструмента и выбор на его основе схемы процесса эшп и его основных параметров.	115