

Министерство образования Российской Федерации

Алтайский государственный технический
университет им.И.И.Ползунова

НАУЧНОЕ ТВОРЧЕСТВО СТУДЕНТОВ И СОТРУДНИКОВ

61-я научно-техническая конференция студентов,
аспирантов и профессорско-преподавательского
состава

**Часть 4.
ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Барнаул – 2003

ББК 784.584(2 Рос 537)638.1

61-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава. Часть 4. Инженерно–физический факультет. / Алт.гос.техн.ун-т им.И.И.Ползунова. – Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2003. – 84 с.

В сборнике представлены работы научно-технической конференции студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава Алтайского государственного технического университета, проходившей в апреле 2003 г.

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

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

СЕКЦИЯ «ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ МАШИН»

КОНТАКТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НА ПРИМЕРЕ СОЕДИНЕНИЙ С ГАРАНТИРОВАННЫМ НАТЯГОМ

Вольных Д.П. – аспирант
Максименко А.А. – научный руководитель.

В технике для проектирования реальных механизмов, машин и систем используются математические модели, разработка которых весьма не простая задача в виду сложности, как самого изделия, так и внешних факторов, воздействующих на поведение системы. Для систем вводится ряд допущений, которые помогают избавиться от ряда «не столь существенных» характеристик, «мало» влияющих на конечный результат. Например, материал считается однородным, что на самом деле не так, при расчете на изгиб вводится допущение, что сечения остаются плоскими и т.д.. Все допущения и упрощения принимаются для облегчения решения конкретной задачи, но это приводит и к уменьшению точности расчетов и возникновению множества порой непредсказуемых ошибок. Современный уровень развития техники и технологии предъявляет к изделиям все более жесткие требования, 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. 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 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. Так конструкция, рассчитанная, простым инженерным способом будет обладать большей жесткостью, чем при учете контактной податливости. В частности 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, что зависит от множества факторов: шероховатости поверхности, наличие смазки, скорость 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. Теперь любой даже самый не существенный фактор рассматривается как отдельная составляющая системы, и к нему уделяют большее внимание. Учет в инженерных расчетах контактных свойств материалов позволит повысить точность расчетов а, следовательно, оптимизировать расход материала, повысить жесткость систем без увеличения массы изделия. Применение свойств контакта возможно в любой области деятельности человека, так как все в современном мире техники все основано на взаимодействии (контакте). Любые два тела взаимодействуют между собой посредством контакта. И последние исследования

позволяют считать контакт своего рода третьим телом. От поведения которого во многом зависит поведение системы в целом. 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. Одним из таких соединений является соединение с гарантированным натягом обладающее рядом преимуществ по сравнению с другими видами соединений. Такие преимущества как: простота в эксплуатации, отсутствие концентраторов напряжений, возможность многократной разборки и сборки практически без изменения прочностных свойств, и ряд других заставляют более пристально приглядеться к данному, казалось бы, хорошо изученному виду соединения, но уже с учетом контактной податливости.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА УСВОЕНИЯ МАТЕРИАЛА ДИСЦИПЛИНЫ СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Вольных Д.П. – аспирант

Любопытство свойственно в той или иной мере всему живому. Человек с самого начала своего существования стремился сначала объяснить, а затем и изучить явления жизни и природы. Так возникла сначала мифология как продукт попытки объяснить непонятные и неизученные явления. Затем появилась первонаука – философия. С развитием человеческой мысли происходило накопление знаний. Древние философы были в нашем понимании не столько философами, сколько учеными, поскольку изучали все знания накопленные до них, и затем применяли свои знания во многих областях деятельности человека. Но результатом накопления знаний стало то, что жизни философа не хватало на постижение всех знаний. И с данной проблемой справился Платон, он разделил философию на основные направления, которые существуют и развиваются до сих пор. Он обозначил границы практически всех наук математики, медицины, физики, т.д. , а также выделил истинную философию с её вечными вопросами. Как и в древности в современном мире возникла подобная ситуация. Человечество за свою историю накопило не мало знаний, при этом огромное число либо утрачено безвозвратно, либо потеряны и ждут своего второго рождения.

Небывалый взрыв технологии в 19 веке поставил перед человеком практически невыполнимую задачу: это узнать, как можно больше за минимально короткий срок, чтобы успеть применить свои знания на практике. Теперь даже отдельная область в знаниях людей не может быть постигнута даже в течение нескольких жизней, не говоря обо всех знаниях вообще.

При этом в системе высшего образования все больше проявляется тенденция замены аудиторных занятий студентов на самостоятельную работу (СРС). При этом, не изменяя, а наоборот ужесточая требования к выпускникам вузов. В такой ситуации задача преподавателя по возможности в сжатой и доступной форме преподнести студенту материал при этом иметь достаточно средств контроля и оценки знаний. Усвоение материала студентами зависит не только и не столько от способа изложения материала, хотя это и не маловажно, сколько от личной мотивации учащегося. При этом все люди разные и задача состоит в том чтобы разработать действенные, а главное универсальные методы мотивировки студентов к обучению в сочетании с более эффективным изложением материала дисциплины. Данная задача имеет глубокие корни и методисты многих стран мира затрагивали данную проблему.

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ

Фроловский М.В. - аспирант

Применение численных методов расчёта конструкций на динамические нагрузки, является актуальной задачей современной науки и техники.

Одним из наиболее удобных методов, для решения динамических задач, считается метод конечных элементов.

Развитие метода обусловлено повышающимися требованиями к точности производимых расчётов, и ведётся в направлении совершенствования физико-математической модели задач.

Задача определения частот собственных и вынужденных колебаний массивных конструкций актуальна практически во всех областях техники.

Особый интерес представляет задача расчёта осесимметричного тела на воздействие не осесимметричной ударной нагрузки.

Возможны решения подобной задачи в двух постановках: осесимметричной, с разложением нагрузки в ряд Фурье, и объёмной.

Повышение точности расчёта за счёт построения объёмной модели влечёт за собой значительное увеличение объёма работ.

Упрощение задачи за счёт построения осесимметричной модели, неизбежно приводит к пренебрежению некоторыми аспектами напряжённо-деформированного состояния конструкции.

Выбор оптимальной постановки задачи должен осуществляться на основе произведённых расчётов и экспериментально полученных данных.

При наличии отлаженной методики расчёта появляется возможность некоторой оптимизации геометрических параметров изделия, а также обоснованный выбор материала.

Теоретически появляется возможность постановки и решения вариационной задачи определения геометрических параметров исходя из требуемых частот колебаний.

Эффективное применение численных методов подразумевает их реализацию в виде законченного программного продукта, поддерживающего целый класс задач.

Технический прогресс, в сфере вычислительной техники, позволил значительно ускорить обработку информации, однако не стоит забывать о возможности применения современных, более рациональных методов вычислительной математики.

Оптимизация применяемых методов расчёта позволяет приблизить физико-математическую модель к реальному объекту, за счёт экономии системных ресурсов.

Требования современных стандартов программной продукции предполагают предоставление конечному пользователю наглядного эргономичного интерфейса и набора вспомогательных инструментов. В данном случае – это возможность визуального описания топографии рассчитываемой конструкции и анализа полученных результатов.

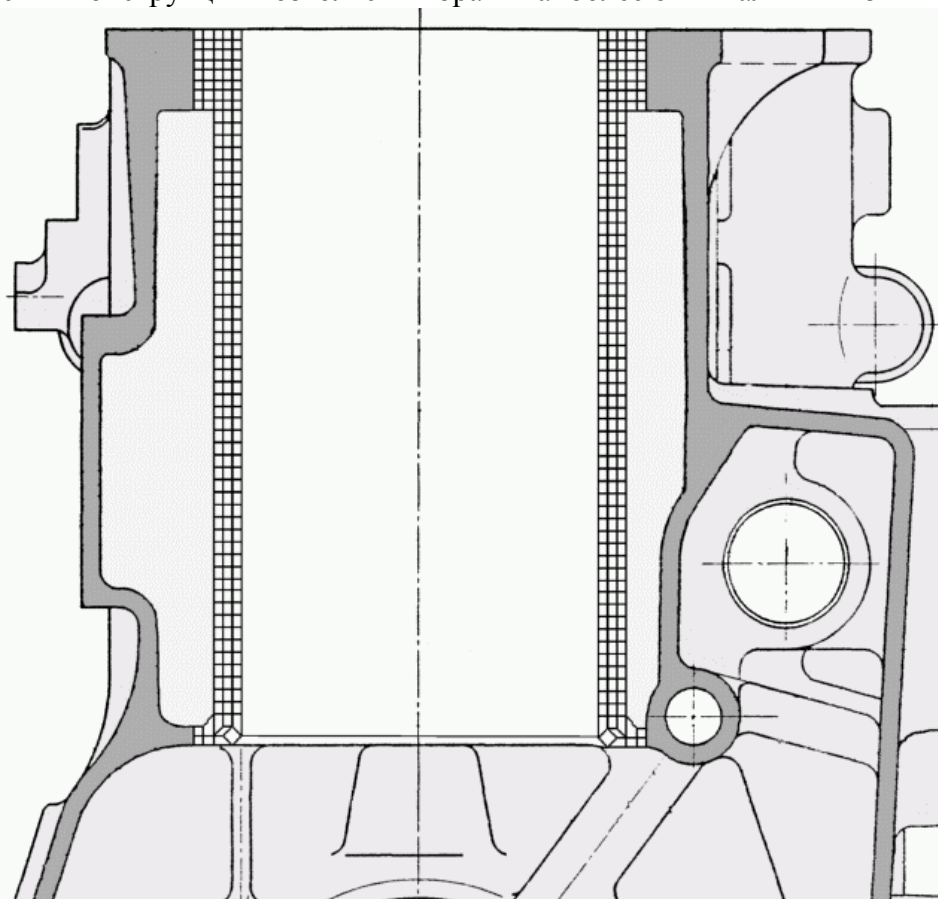
ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПОЛУАНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Дубровин А.Ю. – аспирант

Максименко А.А. – научный руководитель

Преимущества и выгоды, которые дает внедрение на машиностроительном предприятии системы автоматизированного проектирования (САПР), кажется, очевидны для всех. Не вызывает никаких сомнений и необходимость скорейшего технического переоснащения предприятий отечественной промышленности. Поэтому усилившийся в последнее время интерес к САПР вряд ли можно назвать случайным.

Для увеличения производительности труда инженера-конструктора, помимо автоматизации чертежных работ, большое значение имеет автоматизация исследовательских работ. Целью исследовательских работ является определение внутренних усилий элементов конструкций и их деформирование под действием внешних нагрузок. Использование для этих целей лабораторных испытаний не всегда дает требуемый результат (невозможно определить внутренние усилия во всех точках конструкции), исследования требуют много времени и материальных затрат. Решением данной проблемы может служить математическое моделирование внутренних процессов, происходящих при внешнем силовом нагружении конструкций. Возможность “испытать” с помощью математического моделирования различные варианты исполнения конструкции позволяет выбрать наиболее оптимальный из них.



Представление гильзы дизеля ВАЗ-341 в виде конечных элементов

Имеющиеся в настоящее время на рынке CAD/CAM/CAE-системы для машиностроения по широте охвата решаемых с их помощью задач можно разделить на универсальные и специализированные, причем последние используются как самостоятельно, так и в составе универсальных.

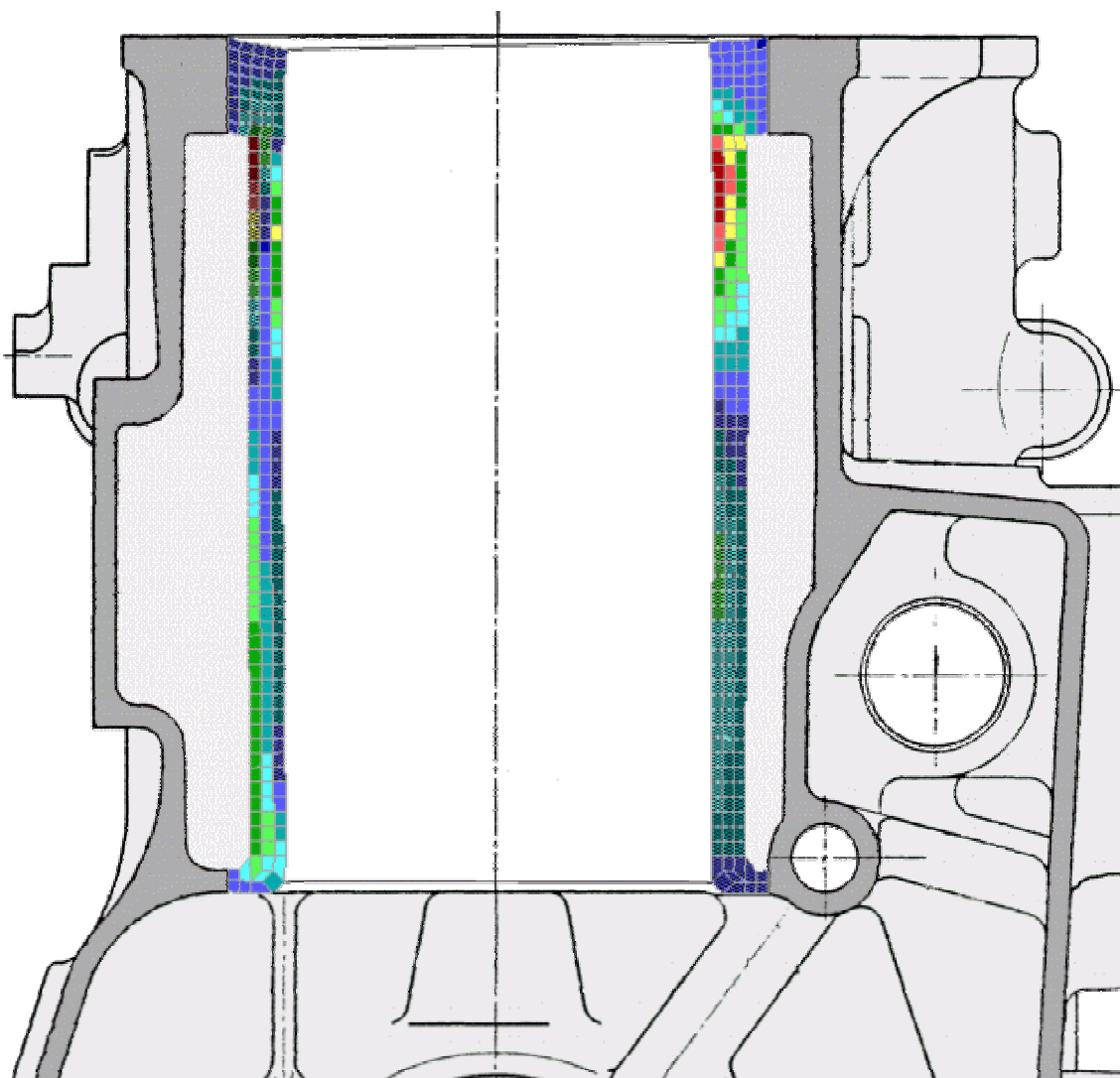
Все универсальные CAD/CAM/CAE-системы, а, так же, специализированные CAE системы содержат пакеты для всестороннего анализа и оценки функциональных и эксплуатационных свойств с помощью методов моделирования на различных уровнях физического представления проектируемых объектов. Их использование позволяет почти полностью отказаться от дорогостоящего изготовления прототипов проектируемых изделий и их натурных испытаний. Такие системы обычно отличаются высокой сложностью и стоимостью и охватывают широкий круг задач моделирования технических объектов.

Современные CAE системы стоят очень дорого. Это связано, во-первых, с тем, что подавляющее большинство из них являются продукцией зарубежных фирм. Во-вторых, с тем, что затраты на разработку систем решающих широкий круг задач очень высоки. Однако, практически всегда, возможности таких систем полностью не используются. Таким образом, потребитель вынужден оплачивать те возможности программного обеспечения, которые

ему не нужны. Кроме того, существуют проблемы с качественной русификацией программного продукта и с технической поддержкой. Решить эти проблемы можно путем разработки специализированного программного обеспечения для нужд конкретного предприятия.

Наиболее важные для инженера-конструктора вопросы анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) решаются в настоящее время с использованием метода конечных элементов (МКЭ). Сущность этого метода заключается в том, что любая непрерывная величина, в том числе и сложная по форме конструкция, аппроксимируется дискретной моделью, которая строится на множестве кусочно-непрерывных функций, определенных на конечном числе подобластей. Применение этого метода предполагает представление расчетной схемы конструкции в виде совокупности подобластей с заданными свойствами, так называемых конечных элементов, которые взаимосвязаны между собой в отдельных узловых точках дискретной модели.

Результаты расчета гильзы дизеля ВАЗ-341 на силовое воздействие ПМКЭ.



Представлены касательные напряжения. Величины напряжений представлены спектром цветов от синего (минимальные напряжения) до красного (максимальные напряжения). В заштрихованных черной сеткой элементах возникают отрицательные напряжения.

С помощью обычного метода конечных элементов можно решать любые двумерные и трехмерные (или даже четырехмерные) задачи. Однако добавление каждого нового измерения увеличивает необходимое для расчета время, и иногда решение задачи выходит за рамки

возможностей компьютера. Поэтому желательно искать пути сокращения объема вычислений.

Во многих физических задачах геометрия и свойства материала не зависят от одной из координат. Однако нагрузка в этом направлении может быть переменной, что мешает непосредственному переходу от трехмерной задачи к двумерной задаче о плоском деформированном состоянии. В таких случаях все же можно рассматривать упрощенную задачу меньшей размерности (без координаты, вдоль которой свойства не изменяются) и полное решение составить из набора упрощенных решений. Реализующий эту идею метод получил название полуаналитического метода конечных элементов (ПМКЭ).

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТНЫХ УСЛОВИЙ В РАСЧЕТАХ КОНСТРУКЦИЙ МКЭ

Бусыгин В.Г. - доцент

Контактные условия вносят в решение задач механики значительные трудности. Одним из приемов моделирования контактных условий является введение в расчетную конечно-элементную схему специального контактного слоя толщиной в один элемент.

Введение контактных элементов объединяет контактирующие тела в единую систему, позволяет регистрировать участки контакта и отрыва, моделировать различные условия взаимодействия контактирующих поверхностей (полное сцепление, скольжение без трения, скольжение с сухим трением и т.д.). Контактные элементы не усложняют процесс формирования матрицы жесткости системы, сохраняют ее структуру, позволяют реализовать нелинейные физические законы деформирования контактного слоя и довольно просто вычислить контактные напряжения.

Рассмотрим различные случаи контактных условий, которые можно без затруднений реализовать в итерационной процедуре с использованием контактных элементов.

1) *Отрыв контактирующих поверхностей друг от друга или регистрация контакта.* Признаком отрыва является возникновение растяжения контактного элемента в направлении оси η , совпадающей с внешней нормалью к одной из контактирующих поверхностей. При появлении растягивающих напряжений $\sigma_\eta > 0$ достаточно на следующей итерации задать нулевые значения упругим константам материала контактного элемента, т.е. принять $E=0$, $G=0$. Напротив, признаком наличия контакта является неположительность нормального напряжения в направлении оси η , т.е. $\sigma_\eta \leq 0$.

2) *Свободное скольжение гладких поверхностей без трения.* Для реализации этого случая (при выполнении условия $\sigma_\eta \leq 0$) достаточно модуль сдвига материала контактного элемента, находящегося в зоне проскальзывания, принять равным нулю, т.е. $G=0$. Тогда касательные напряжения на площадках контакта исчезают, что моделирует свободное скольжение без трения контактирующих поверхностей.

3) *Полное сцепление контактирующих поверхностей за счет сил сухого трения.* Здесь задают ненулевые значения модулей материала контактного элемента, которые можно приравнять значениям модулей одного из контактирующих тел. Значительная жесткость контактного слоя вследствие малой его толщины практически обеспечивает выполнение условий сопряжения контактирующих поверхностей. Условия сцепления выполняются, если касательные напряжения на площадке контакта не превзойдут критического значения, соответствующего проскальзыванию тел, т.е. необходимо выполнение условий $\sigma_\eta \leq 0$,

$|\tau_{\xi,\eta}| \leq f_{тр} |\sigma_\eta|$, где $f_{тр}$ - коэффициент трения покоя.

4) *Проскальзывание шероховатых поверхностей с учетом сил сухого трения между ними.* Этот случай определяется условиями $\sigma_\eta \leq 0$, $|\tau_{\xi,\eta}| > f_{тр} |\sigma_\eta|$. При их выполнении на следующей итерации для материала контактного элемента принимается значение модуля сдвига

$G=0$, а к границам контактирующих тел прикладываются тангенциальные усилия с интенсивностью $f_{\xi} = f_{\text{тр}} |\sigma_{\eta}|$. Усилия направляются противоположно относительным смещениям узлов.

В рамках данного случая несложно учесть различие в значениях коэффициентов трения покоя и трения скольжения. Для этого в неравенстве задается коэффициент трения покоя, а в последнем равенстве – коэффициент трения скольжения.

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕНИЙ В ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ МКЭ С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Бусыгин В.Г. - доцент

Детали и конструкции, обладающие осевой симметрией геометрической формы и распределения упругих характеристик материала, весьма распространены в машиностроении и строительстве. Рассматриваемая расчетная схема состоит из системы упругих изотропных тел вращения с общей осью симметрии. Поверхности сопряжения тел задаются линиями произвольной формы, лежащими в меридиональной плоскости. По границам контакта тел также задаются условия взаимодействия: полное сцепление, гладкое скольжение без трения, возможность проскальзывания с заданным коэффициентом трения, возможность отрыва контактирующих поверхностей друг от друга. Нагрузки, действующие в меридиональной плоскости, предполагаются произвольными.

Трудности при решении контактных задач обусловлены изначальной неопределенностью граничных условий, часть из которых имеет вид неравенств. Контактные поверхности обычно не параллельны координатным плоскостям.

Зоны контакта тел и напряжения на площадках контакта заранее неизвестны и уточняются в процессе решения задачи с помощью той или иной итерационной процедуры. Затруднения, возникающие при решении контактных задач, преодолеваются в данном случае путем введения в расчетную конечно-элементную схему специального контактного слоя толщиной в один элемент. При этом участки контакта и контактные напряжения определяются с точностью до одного конечного элемента.

Рассматриваемая двумерная задача поставлена в вариационной форме и решена методом конечных элементов, построенным на основе функционала Лагранжа. Разработан кольцевой конечный элемент с поперечным сечением в виде выпуклого четырехугольника, в пределах которого используется билинейная аппроксимация перемещений по направлениям локальных осей координат. Узлы элемента расположены в вершинах четырехугольника. Использование четырехугольного элемента позволяет аппроксимировать произвольные поверхности вращения и уменьшает количество элементов по сравнению с сеткой из треугольных элементов без уменьшения точности расчета.

Контактные элементы, расположенные в предполагаемой зоне контакта, выделяются в отдельную группу. Они представляют собой также четырехугольные элементы с узлами в вершинах четырехугольника. Матрицы жесткости элементов вычисляются численным интегрированием по двухточечной схеме Гаусса в направлении каждой из локальных координат. Напряжения вычисляются в центре конечных элементов.

Программа позволяет производить расчет на действие не только внешних узловых сил, но и на заданное перемещение произвольно выбранных узлов системы. Такого рода кинематические воздействия формулируются в задачах вдавливания жестких штампов в сплошную среду или в технологических задачах штамповки, дорнования отверстий и т.п.

Материал отдельного конечного элемента считается однородным и изотропным, т.е. для каждого конечного элемента задаются только модуль Юнга и коэффициент Пуассона, но упругие характеристики всех элементов расчетной схемы могут отличаться. Это дает воз-

возможность в дальнейшем решать физически нелинейные или упругопластические контактные задачи.

В программе реализован поэлементный способ формирования матрицы жесткости системы. Решение системы разрешающих уравнений выполняется с учетом ленточного характера матрицы и ее симметричности методом квадратного корня. Точность решения системы уравнений регулируется заданным параметром.

Результаты расчета (узловые перемещения и напряжения в элементах) могут выводиться по желанию пользователя либо на экран, либо в файл.

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО СТАРЕНИЯ ПОЛИЭТИЛЕНА ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ НА ЕГО ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

Хаустов Р.В. – студент гр. 5ТАП-81
Черепанова Е.В. – старший преподаватель
Алексейцев А.И. – научный руководитель

Описание деформационных процессов полимерных материалов, используемых в качестве конструкционных, и работающих в сложных условиях нагружения, требует выбора адекватных расчетных соотношений. Большой интерес представляет вопрос о влиянии длительного естественного старения полимерных материалов на их деформационные свойства.

Представляются результаты исследования ползучести трубчатых образцов полиэтилена высокой плотности (ПЭВП), хранящихся в складских условиях при комнатной температуре с сезонными колебаниями без доступа света в течение четырнадцати лет. Усталостные испытания проводились в условиях плоского напряженного состояния с частотой $f=5$ Гц и коэффициенте асимметрии синусоидального цикла $R=0,5$. Плоское напряженное состояние достигалось созданием в полости образца внутреннего давления и осевого растягивающего усилия. В ходе опытов поддерживалось постоянство интенсивности истинных напряжений. По данным опытов построены кривые длительной прочности и ползучести.

Делается сопоставление экспериментальных кривых ползучести, полученных на образцах одной и той же партии изготовления в состоянии поставки и после длительного хранения. Для аналитического описания процесса ползучести предлагается уравнение механических состояний, включающее в себя две доминирующие составляющие полной деформации: мгновенноупругую и вязкоупругую.

Сопоставление экспериментальных и теоретических кривых ползучести ПЭВП позволяют сделать вывод, что предлагаемые уравнения механических состояний дает удовлетворительное описание ползучести полиэтилена в сложных условиях стационарного и нестационарного нагружения.

СЕКЦИЯ “ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА”

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЛИНЫ КРИВОШИПА НА ДИНАМИКУ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ МОТОЦИКЛА

Блинов А. А. - студент гр. ТМ-02
Гринин А. Н. - научный руководитель

Чтобы обеспечить оптимальные параметры работы двигателей внутреннего сгорания необходимо еще на ранних стадиях проектирования проверить влияние различных факторов на его динамические параметры.

Для проведения исследований была предпринята попытка создать математическую модель работы ДВС и с использованием существующей на кафедре ТМиММ прикладной программы расчета динамических параметров провести анализ двигателя мотоцикла. Основными параметрами для составления динамической модели ДВС мотоцикла послужили: приведенный момент сил $M_{пр}$ и приведенный момент инерции масс $I_{пр}$, а затем с помощью диаграммы энерго масс была исследована зависимость от их изменения коэффициента неравномерности движения и действительные значения угловой скорости кривошипа.

При исследовании оппозитного двигателя внутреннего сгорания мотоцикла из большого числа влияющих факторов был выбран, в качестве критерия оптимизации, размер длины кривошипа и его влияние на коэффициент неравномерности угловой скорости коленчатого вала. Задав несколько значений длины кривошипа, при неизменных значениях величины других звеньев кинематической схемы двигателя, провели анализ изменения динамических параметров его работы в 24 положениях.

В результате кинематического анализа оппозитного двигателя мотоцикла была исследована взаимосвязь между геометрическими параметрами и динамическими характеристиками, а также построены графики зависимости коэффициента неравномерности работы ДВС и действительной угловой скорости вращения кривошипа от длины кривошипа. Эти данные позволяют рассчитать параметры маховика, что в свою очередь дает возможность оптимизировать геометрические параметры всего двигателя.

Полученные результаты можно использовать на ранних стадиях проектирования для выбора его оптимальных параметров, таких как: масса, габариты и эксплуатационно-динамические показатели ДВС.

Метод исследования влияния отдельных параметров на общую динамическую модель ДВС позволяет с помощью несложных программ и математических моделей, освоить студентам методические основы при создании более сложных моделей и программ исследования.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА "ЭЙЛЕР"

Адлер А.С. – студент гр. СХМ-12
Мухопад К.А. – научный руководитель

Программный комплекс "Эйлер" предназначен для математического моделирования динамики многокомпонентных механических систем (ММС) в трехмерном пространстве. Это могут быть как простейшие механические системы (маятник или брошенный камень), так и сложные механические системы. К сложным системам относятся структуры, объединяющие множество жестких или деформируемых тел, связанных шарнирами и силовыми элементами (пружинами, амортизаторами и т.д.). Примерами таких систем служат автомобиль, составной автопоезд или самолет. При работе ММС допускается изменение ее структуры, в частности, разрешается "включение - выключение" силовых элементов, удаление или заклинивание

шарниров и т.д. Программный комплекс "Эйлер" позволяет моделировать (исследовать) механические системы, относящиеся к различным прикладным областям.

Использование программного комплекса позволяет уже на ранних стадиях проектирования получить достоверную информацию о поведении и силовых нагрузках в создаваемых изделиях. Кроме того, система "Эйлер" позволяет оперативно проводить исследования нештатных ситуаций, возникающих в процессе эксплуатации уже существующих систем. С помощью математических моделей, без создания опытных образцов, можно определять характеристики работы новых систем, оптимизировать их параметры и проводить сравнительный анализ различных вариантов конструкции. В результате, сокращаются сроки разработки, существенно уменьшается объем доводочных испытаний, повышается качество изделий и снижаются затраты на их создание.

При моделировании механических систем в "Эйлер" нет необходимости выводить уравнения движения или оперировать абстрактными математическими понятиями. Процесс описания модели механической системы максимально приближен к традиционному конструированию. Фактически, пользователь просто рисует на экране компьютера механическую систему и выделяет звенья (твердые тела и связанные с ними геометрические объекты). После чего он указывает шарниры, силовые элементы, и, при необходимости, создает объекты контроля и управления механической системой. На этом работа по описанию модели заканчивается. Далее пользователь сразу может выполнять исследование движения данной механической системы. "Эйлер", в соответствии с описанием модели, автоматически сформирует точные в рамках классической механики уравнения движения.

Данный комплекс позволяет решать не только задачи динамики, но и задачи статики и кинематики. Примером использования системы "Эйлер" в статике является определение реакций связей (шарниров, заделок, нитей и т.д.). На расчетной схеме направление реакций показывается сразу после приложения заданной нагрузки.

При решении задач кинематики, особенно для многозвенных механизмов, провести кинематический анализ, т.е. определить скорости и ускорения определенных точек механизма аналитически без построения планов скоростей и ускорений довольно трудно. Система "Эйлер" позволяет определять скорости и ускорения точек механизма, угловые скорости и ускорения звеньев для любого положения механизма. Кроме того, можно визуально наблюдать движение механизма и строить траектории точек и звеньев.

Наиболее полно возможности данной системы используются при динамическом анализе многозвенных механизмов. Можно задавать и определять различные нагрузки, программно управлять движением механизма и контролировать параметры различных элементов механизма. Процесс движения механической системы можно записать в анимационный файл и затем просмотреть его. Параметрический анализ позволяет определить оптимальные значения необходимых параметров.

Программный комплекс "Эйлер" может использоваться студентами при решении задач по таким дисциплинам как "Теоретическая механика", "Сопротивление материалов", "Теория механизмов и машин" и многих других. Исследование механических систем с помощью данной программы развивает у студентов навыки творческого мышления, умение анализировать полученный результат и проводить оптимизацию соответствующих параметров.

СЕКЦИЯ "СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ"

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОРПУСА РАСПЫЛИТЕЛЯ В СРЕДЕ КОМПАС - АВТОПРОЕКТ

Рубцова С.В. – студентка гр. САПР – 81

Макарова Е.И. – научный руководитель

Техническая подготовка производства включает сложный комплекс разнообразных работ: проектирование новых видов продукции, разработка технологических процессов и методов производства, проектирование и изготовление оборудования и оснастки, материально - техническое обеспечение. При этом необходима увязка во времени всего комплекса работ, четкая их координация. Одним из основных показателей, характеризующих процесс освоения нового изделия, является длительность цикла технической подготовки производства. Другим показателем является стоимость подготовки производства.

Алтайский завод прецизионных изделий (АО "АЗПИ") стремится автоматизировать процесс производства своей продукции с целью повышения ее качества, сокращения сроков производства, повышения рентабельности и стремления соответствовать международным стандартам.

В данный момент на рынке САПР существует множество различных систем низкого, среднего и верхнего уровней, решающих задачи автоматизации, но отличающихся своими функциональными возможностями и стоимостью. Предлагаемая автоматизированная подсистема предусматривает использование предприятием на всех этапах технической подготовки производства программного пакета КОМПАС.

Подсистема КОМПАС-3D предназначена для создания трехмерных параметрических моделей деталей и сборок с целью передачи геометрии в расчетные пакеты и в пакеты разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ, а также создания полного комплекта конструкторской документации на изделие. Этап технологической подготовки производства посредством использования пакета САПР КОМПАС - Автопроект, в основу работы которого положен принцип заимствования ранее принятых технологических решений. Система КОМПАС-Менеджер предназначена для ведения конструкторско- технологической и производственной информации, предоставляет возможность одновременной работы всего коллектива разработчиков, руководителей и вспомогательных служб над проектом в период разработки, внедрения и производства изделий.

В ходе исследования была рассмотрена структура автоматизированной системы (функциональная, организационная и информационная), также был проанализирован пример прохождения задания на проектирование корпуса распылителя в существующей подсистеме и предлагаемой автоматизированной.

Результатом работы является проект по разработке и внедрению подсистемы конструкторско - технологического проектирования, а также исследование процесса производства на конкретном предприятии (ЗАО "АЗПИ"), для более полной интеграции разрабатываемой подсистемы в структуру предприятия.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОКИНЕТИЧЕСКИХ И ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЯХ

Домюца П.А. - студент гр. САПР-81
Степанов А.В. - научный руководитель

Один из вариантов применения моделирования - оптимизация проектных разработок на ранних стадиях. Это помогает проектной организации сократить цикл разработки, состоящий в изготовлении образцов-прототипов, их испытаний и повторном изготовлении образцов, а также исключить дорогостоящий процесс доработки изделия.

Моделирование процесса на компьютере, выполняемое расчетчиком, помогает выявить возможные недостатки проекта или найти его оптимальный вариант до начала изготовления или эксплуатации продукции. Объем работы расчетчика весьма велик, и при этом необходимо обеспечивать высокую точность расчета. Выполнить полноценный анализ проектируемого объекта в короткий срок практически невозможно, особенно если нет подходящего инструмента (пакета имитационного моделирования и анализа), но даже если такой инструмент имеется, освоить его в краткие сроки довольно сложно. Следовательно, необходимо создать базу знаний, которая позволяла бы на основе заложенной в нее информации получать новые знания и помогала бы принимать решения, касающиеся использования пакета и интерпретации полученных с помощью него результатов – в этом и заключается актуальность данной работы.

Объектом исследования в данной работе является процесс термической обработки стали.

Специалисты по термической обработке, работающие непосредственно в цехах, отделах технического контроля или в лабораториях, должны понимать сущность изменений, происходящих в стали при этой обработке. Для этого необходимо знать механизм протекания фазовых превращений. Кроме того, необходимы конкретные представления о структуре стали и ее изменениях.

Контроль микроструктуры является одним из наиболее эффективных способов оценки качества изделий. С его помощью можно обнаружить дефекты структуры изделий и выявить причины их возникновения. Металлографическое исследование позволяет не только выявить все эти дефекты, но обнаружить также и те нарушения режима термической обработки, которые не влияя на окончательную твердость, вызовут появление трещин непосредственно после закалки или во время эксплуатации.

Существует необходимость математического моделирования фазовых превращений с помощью специально написанной программы, которая могла бы использовать термокинетические диаграммы распада аустенита и выполнять построение кривых охлаждения сталей разных типов на данных диаграммах.

Диаграммы построены по одинаковому принципу и дают возможность сравнивать фазовые превращения в сталях различных марок. Целью дальнейшего анализа является получение результатов и формирование выводов по поведению отдельных видов сталей при нагреве до интересующих температур.

Реализация построения графиков осуществлена в среде объектно-ориентированного программирования DELPHI. Данный пакет позволяет быстро создавать приложения высокой степени сложности.

Разработаны база данных и представление термокинетических диаграмм, шкалы представления данных на диаграммах, способы представления исходных данных (файл, ручной ввод данных).

Программа осуществляет построение кривых в соответствии с заданными термической обработки стали, и наносит их поверх термокинетических диаграмм распада переохлажденного аустенита. Это инструмент, дающий возможность анализировать фазовые изменения каждого из имеющихся сплавов (в соответствии с базой данных термокинетических диаграмм разных типов сталей).

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Воробьев К.Н. - студент гр. САПР-61
Степанов А.В. - научный руководитель

Одним из основных направлений автоматизации серийного и мелкосерийного производства является применение станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Станки с ЧПУ сочетают в себе высокую производительность и точность специальных автоматов с универсальностью неавтоматизированных станков общего назначения. Их можно легко и быстро перенастраивать, они не требуют специального инструмента и сложных вспомогательных приспособлений.

Разработанные на основе новейших достижений вычислительной техники, электроники и автоматики, системы числового программного управления открывают большие возможности перед машиностроительным производством.

В случае применения станков с ЧПУ технологическая подготовка производства содержит новый важный элемент — подготовку управляющей программы. Без эффективного выполнения этого этапа не может быть организована успешная эксплуатация станков с ЧПУ.

Управление станком осуществляется с помощью системы команд, которые задают станку определенный порядок работы или определенный алгоритм функционирования. При ручном управлении все действия выполняет рабочий, эксплуатирующий данный станок. Он получает из чертежа информацию об изготавливаемой детали и усваивает ее, в соответствии с картой технологического процесса подбирает заготовку, инструменты, оснастку. Используя накопленный опыт и навыки, рабочий осуществляет воздействия на механизмы управления станком, которые приводят к обработке заготовки в соответствии с требованиями чертежа и технических условий. Рабочий следит за ходом обработки и постоянно корректирует свои действия в соответствии с ранее достигнутыми результатами, осуществляя тем самым обратную связь.

При автоматическом управлении все указанные функции осуществляет специальное электронное управляющее устройство, обычно оформленное в виде отдельного блока.

Исходными данными для создания программы являются: чертеж детали, чертеж заготовки, технологическая документация. На чертеже указаны размеры и форма детали, допуски, материал, термообработка, шероховатость поверхности и др. Государственные стандарты регламентируют те правила, при помощи которых вся информация заносится на чертеж.

Можно с уверенностью говорить, что каждый конкретный станок с ЧПУ имеет свой собственный язык: определенный способ кодирования размерной информации, свою систему команд и способ кодирования каждой команды. В общем случае в набор команд станка входят: перемещение по осям X, Y, Z, поворот вокруг осей, поддержание необходимой частоты вращения шпинделя и подачи, выбор требуемого инструмента из магазина или револьверной головки, введение необходимых корректив т. д. Каждая команда реализуется при наличии определенного сигнала (непрерывного, дискретного, импульсного или кодового). Программа должна быть составлена на языке, который однозначно интерпретируется на данном станке.

Ручное программирование предполагает использование клавишных вычислительных машин, стандартных методик расчета программ, справочных таблиц и номограмм. При этом трудоемкость программирования высока. Таким образом можно создавать только сравнительно простые программы. При обработке сложных программ трудоемкость программирования возрастает настолько, что использование станков с ЧПУ становится неэффективным, а для сложных пространственных деталей практически неосуществимым.

В связи с этим возникла необходимость использования для программирования цифровых вычислительных систем. Подобно станку каждая вычислительная система имеет свой собственный язык программирования. Он учитывает организацию вычислительного процесса, присущего данной системе, систему команд, разрядность ее слов, форму представления чисел, объем используемой памяти и т. д.

На первых этапах использования ЭВМ программирование осуществлялось на машинном языке по схеме. Человек переводил информацию с языка технической документации на машинный язык конкретной ЭВМ. Эта информация перерабатывалась ЭВМ в соответствии с заданной программой и выдавалась в форме, пригодной для управления конкретным станком, подключенным к ЭВМ. Машина производила все расчеты, переводила информацию с машинного языка на язык станка

Казалось бы, задача решена, но фактически все существовавшие проблемы остались, они приобрели лишь другую форму. Программированию на машинном языке присущи существенные недостатки. Отметим два главных:

1. Программирование на машинном языке является чрезвычайно трудоемким процессом. Вся программа разбивается на большое число элементарных операций, каждая из которых выполняется по отдельной машинной команде. Число команд достигает иногда нескольких тысяч или десятков тысяч. Необходимость закодировать каждую команду и цифровую информацию, которая к ней относится, правильно распределить оперативную память машины и учесть все другие ее особенности — очень сложная задача. Ее выполнение требует специальных навыков, знаний и высокой квалификации программиста, выполняющего эту работу. При большом объеме программирования неизбежны ошибки, для отыскания и устранения которых требуется дополнительное время.

2. Программирование не является универсальным. Программа, составленная для одной машины, не годится для другой. Программист, освоив язык одной машины, может обслуживать только эту машину.

Чтобы преодолеть эти трудности, дальнейшее развитие программирования для ЭВМ пошло по линии создания промежуточных искусственных языков.

В настоящее время в различных областях науки и техники насчитывают до 2 тысяч языков программирования. Их можно классифицировать по различным признакам. Наиболее общей является классификация по степени зависимости языка от машины. По этому признаку языки делят на две большие группы: машинно-зависимые и машинно-независимые.

К машинно-зависимым языкам относят уже упомянутые (языки нулевого уровня) и машинно-ориентированные языки. Машинно-ориентированные языки сохраняют связь с определенной машиной. Программист, использующий эти языки, должен быть хорошо знаком с особенностями устройства машины, для которой составляется программа. При этом трудоемкость программирования существенно уменьшается. Машинно-ориентированные языки иногда называют автокодами. Различают два уровня машинно-ориентированных языков.

Машинно-независимые языки делят на две группы по степени детализации программы. К первой группе относят процедурно-ориентированные языки, а ко второй — проблемно-ориентированные.

Программа на процедурно – ориентированном языке не зависит от конкретной машины, на которой будет решаться задача.

Процедурно – ориентированные языки не требуют подробной записи алгоритма решения задачи. Пользователь должен лишь указать формулировку задачи либо назвать последовательность задач из заранее подготовленного набора, указать исходные данные и требуемую форму выдачи результатов. Эта информация используется специальной программой-генератором для генерирования рабочей программы.

Проблемно – ориентированные языки полностью свободны от указанных выше недостатков. Любой инженер за сравнительно короткое время в состоянии их освоить. Исчезает потребность в программисте-математике для ЭВМ. Инженер переводит информацию с языка технической документации на промежуточный язык, далее эта информация автоматически переводится на язык станка и выдается в форме, пригодной для его управления. Трудоемкость программирования при работе по этой схеме сокращается в десятки и сотни раз. Подобным образом можно составить программу для очень сложных циклов обработки, которые включают в себя сотни и тысячи отдельных технологических проходов и переходов. Такой способ составления программ называется автоматическим.

Успешная эксплуатация ЭВМ для программирования станков с ЧПУ возможна лишь при наличии следующих составляющих:

- 1) программы транслятора для перевода информации с проблемно – ориентированного языка на машинный язык;
- 2) программы процессора для преобразования информации на машинном языке;
- 3) программы постпроцессора для перевода информации с машинного языка на язык конкретного станка.

Система, включающая в себя все эти компоненты, дает наибольший эффект производительности. Она позволяет решить практически любую поставленную задачу.

Выбор базовой системы имеет принципиальный характер и оказывает огромное влияние как на сроки реализации программ автоматизации, так и на скорость достижения реальных результатов.

Таким образом, задача автоматизации создания управляющих программ для станков с ЧПУ до сих пор является актуальной. Решение серьезной проблемы требует столь же серьезного подхода. Ошибка на данном этапе может привести к получению отрицательных результатов, что повлечет к потере средств и времени, а также окажет негативное влияние на саму идею автоматизации.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ГОФРОТАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ерамасова Ю.В. – студент гр. САПР-82
Макарова Е.И. – научный руководитель

В настоящее время существует большое количество упаковочных материалов. Однако следует отметить, что многие производители во всем мире при выборе материала отдают предпочтение гофрокартону. Гофрокартон достаточно легкий, может быть сравнительно легко приспособлен для упаковки большого количества самых разнообразных продуктов. Производство гофрокартона и гофрокоробов требует относительно малого расхода электроэнергии и других ресурсов. На гофрокартон может быть нанесено различными способами цветное изображение.

В гофротарном производстве выделяют следующие процессы:

- Процесс внесения заказа
- Процесс формирования сменного задания
- Производственно-технологический процесс
- Процесс контроля над выполнением заказа.

Особого внимания заслуживает процесс формирования сменного задания, потому что от его результатов зависит в конечном счете прибыль предприятия. Сменное задание представляет собой график работы цеха и карту раскроя. Раскрой на многих предприятиях представляет собой раскрой на карты. Первейшей задачей автоматизации процессов гофротарного производства является оптимизация раскроя с целью уменьшения коэффициента отхода материала. В настоящее время существует множество алгоритмов оптимизации раскроя. Среди них выделяют следующие:

- безусловная однопараметрическая оптимизация;
- методы исключения интервалов;
- методы с использованием производных;
- генетические алгоритмы.

В докладе приведена схема генетического алгоритма.

1. Первое поколение создается из произвольно выбранных решений (хромосом). Это отличается от стандартных методов, когда начальное состояние всегда одно и то же.
2. Каждому решению сопоставляется некое численное значение, зависящее от его близости к ответу.

3. Эти решения дают потомство. Те что 'сильнее', то есть больше подходят, имеет больший шанс к воспроизводству, а 'слабые' постепенно отмирают.
4. Если новое поколение содержит решение, достаточно близкое к ответу, то задача решена. В противоположном случае оно проходит через тот же процесс, который повторяется до тех пор, пока не найдено решение, или не получено достаточное к нему приближение.

Архитектура ГА-систем позволяет найти решение быстрее за счет более 'осмысленного' перебора. Мы не перебираем все подряд, но приближаемся от случайно выбранных решений к лучшим.

С использованием генетического алгоритма написана программа средствами встроенного языка платформы 1С на основе конфигурации «ИТРП: Производственное предприятие 2002». Результатом работы программы является график работы цеха. Контрольный пример работы программы приведен на рисунке.

График работы цеха ЛГ-1

Ящик	Количество	Дата	Время начала	Продолжительность	КОМ	Скорость
Ящик1+Ящик3+Ящик4+ переналадка	600000	04.02.03	13.8	18.4	7	60
Ящик2+Ящик5+Ящик6+ переналадка	500000	05.02.03	8.2	0.5		
		05.02.03	8.7	19.6	7	60
		06.02.03	4.3	0.5		

АВТОМАТИЗАЦИЯ МНОГОПОСЫЛОЧНЫХ ДЕДУКТИВНЫХ СХЕМ ПО ЛОГИКЕ Л. КЭРРОЛЛА

Жукова Н.М. - студент гр. САПР-82
Козлов Л.А. - научный руководитель

Одной из важнейших задач ранних стадий проектной деятельности является формирование концепции изделия. Рассуждения ведутся в формах достоверных и правдоподобных схем вывода, характерных для соответствующих разделов логики. В логике существует много подходов, связанных с решением задачи построения вывода на основе некоторого комплекса посылок. Современная логика породила действенные схемы вывода, такие как исчисление высказываний, предикатов (различных порядков), клаузуальная логика и, наконец, язык Пролог.

Эксперимент обучения специалистов технической ориентации основам математической логики, алгебре Буля, исчислению высказываний, исчислению предикатов, даже при высоком опыте преподавателей и желании обучения не менее квалифицированных специалистов, не получил должного результата. Указанный выше аппарат не стал инструментом в интеллектуальной деятельности предметных специалистов. Затрудняло понимание схемы вывода, например на основе формализации смыслов средствами первопорядковой логики.

Проведение концептуального анализа объекта проектирования предполагает решение ряда проблем, в том числе осуществлять многопосылочные, многоэтапные выводы с помощью построения схемы вывода применением правил формальной логики, получившей название "СОРИТ". Выводы, полученные по дедуктивной схеме, на которой построена программа, подходят для анализа решения. Используя схему достоверных рассуждений на основе вытекающих из общего представления об объекте следствий путем серии попыток их "фальсификации" позволяет в конечном счете выйти на структуру объекта, достоверность которой на данном этапе проектирования не вызывает сомнений и позволяет перейти к следующему этапу проектной деятельности.

Существующая автоматизированная система "СОРИТ" построенная по логике Аристотеля, имеет ряд ограничений на ввод и работу с отрицательными посылками, что неприемлемо в проектировании. Используя символическую логику Льюиса Кэрролла можно ослабить данную проблему. Данная логика позволяет использовать отрицательные посылки и получать выводы из них, что, используя даже расширенную силлогистику, не представляется

возможным. Однако схемы вывода данной логики мало формализованы, что существенно затормозило их применение.

На основе полученной информации по данной логике и после ее тщательного анализа оказалось возможным создание программного продукта, реализующего выводы из посылок по логике Л. Кэрролла и позволяющего работать с отрицательными посылками.

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА В ОТДЕЛЕ ГЛАВНОГО МЕТАЛЛУРГА ОАО «АЛТАЙДИЗЕЛЬ» В СРЕДЕ T-FLEX

Шило О.П. – студентка гр. САПР – 81
Левкин И.В. – научный руководитель

Конструкторская подготовка производства (КПП) — это совокупность процессов формирования комплекса инженерно-технических решений по объектам производства, обеспечивающих готовность производства к оперативному освоению и стабильному выпуску новых высококачественных изделий. Конструкторская подготовка производства включает: инженерное прогнозирование, параметрическую оптимизацию объектов производства, обеспечение производственной и эксплуатационной технологичности конструкции изделия.

В настоящее время необходимость технического перевооружения разработчиков и конструкторов ни у кого не вызывает сомнений. На многих российских предприятиях уже полным ходом идет процесс комплексной автоматизации, заключающийся, в основном, в автоматизации деятельности конструкторов и технологов. Так в отделе главного металлурга (ОГМет) на ОАО «АлтайДизель» встала задача автоматизации конструкторской подготовки производства, результатом которой является выпуск конструкторской документации.

Современные системы автоматизированного проектирования (САПР), основанные на твердотельном параметрическом моделировании, обеспечивают высокоточный расчет конструкций сложных машиностроительных изделий конечно-, либо гранично-элементными методами. Это позволяет существенно сократить время отладки конструкций, снизить материальные затраты производства, сбалансировать требования по качеству деталей, входящих в состав изделия. Кроме того, для созданных твердотельных моделей, а также сопутствующей конструкторской документации, может быть создана библиотека прототипов электронных копий, которая в дальнейшем будет доступна для каждого из разработчиков проекта: это и параметрические твердотельные модели, и база комплектов рабочих чертежей.

Процесс конструирования с использованием современных САПР можно разделить на четыре основных этапа:

1. поиск принципиальных решений;
2. разработка эскизного варианта конструкции;
3. уточнение и доработка конструкции;
4. разработка рабочих чертежей.

Выполнение первых двух этапов предполагает активное участие конструктора. Здесь целесообразно и эффективно проведение работы на основе диалога между САПР и конструктором, где конструктору отводится функция выбора и принятия решений. Третий и четвертый этапы (требующие наиболее значительных затрат времени—до 60%), на которых конструкторская деятельность достаточно просто алгоритмизируется, наиболее целесообразно передать для исполнения в САПР.

Конструкторская документация в процессе ее разработки подвергается контролю, в ходе которого устанавливается соответствие конструкторской документации требованиям нормативно-технической документации (НТД). В случае нарушения требований стандартов и другой НТД вносятся изменения и исправления в конструкторскую документацию.

Для определения требуемого предприятию ОАО «АлтайДизель» состава САПР необходимо проанализировать степень сложности изделий, их номенклатуру, объем производства, состав и квалификацию работников. Оценка сложности изделия включает анализ геометри-

ческих форм и перечень необходимых расчётов. Чем выше сложность изделий и меньше объём производства, тем должен быть выше уровень применяемой САПР.

Основным принципом автоматизации конструкторской подготовки литейного производства является принцип единой цифровой модели изделия. Это означает, что изделие представляется в виде твердотельной модели, созданной в используемой САПР и доступной всем участникам группы либо в виде модели, либо набора стандартных видов и необходимых сечений/ разрезов/ видов.

В качестве современной программной системы для твердотельного моделирования был использован пакет T-FLEX CAD 3D 7.0. Этот пакет не отличается простотой построения трехмерных моделей и имеет не совсем удобный интерфейс, но он обладает более мощными средствами, чем другие САПР, для создания комплекта конструкторской документации и подготовки необходимых данных для создания макета техпроцесса и генерации программ для станков с ЧПУ.

Средствами этого пакета была создана трехмерная детали «диффузор - отливка», которая создается согласно чертежу на бумажном носителе, выданным ОГМет ОАО «АлтайДизель». Трехмерная модель технологии на отливку данной детали создается аналогично. Также был создан комплект конструкторской документации на эту деталь.

Полученный комплект документации аналогичен чертежам на бумажном носителе. Это позволяет сделать вывод о том, что применение пакета T-FLEX CAD 3D 7.0 в сфере автоматизации конструкторской подготовки производства позволяет значительно сократить время и улучшить качество выпускаемой конструкторской документации.

ФОРМИРОВАНИЕ АРХИВА ЭЛЕКТРОННЫХ ИНТЕРАКТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ НА ЭТАПЕ КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ОАО «СИБЭНЕРГОМАШ»

Дубровина И.С. – студентка гр. САПР – 81
Левкин И.В. – научный руководитель

Как и на других предприятиях на ОАО «Сибэнергомаш» стоит проблема, связанная с сохранением знаний сотрудников предприятия. Конструкторы с большим стажем работы являются носителями большого опыта и навыков, накопленных в течении долгих лет работы. С уходом конструкторов с предприятия, накопленный ими опыт исчезает, а найденные ранее решения при конструировании и зафиксированные только в виде конструкторской документации, остаются только на бумаге и не несут новой информации другим конструкторам. Выходом из этой ситуации является внедрение на предприятии системы управления знаниями. Это позволит не только сохранить знания и опыт конструктора, но и обеспечить доступ к этим знаниям для всех, кому это необходимо.

Управление знаниями - это распространение и поиск опыта людей и актуальной информации в среде связанных между собой людей или групп людей.

Существует различие между явными и неявными знаниями. Неявные знания трудно выразить: они часто заключены в интуиции, опыте, навыках и привычках. Явные знания легко выражаются четкими данными, сообщениями, словами и числами. Для хранения и передачи этих знаний могут быть использованы практически любые средства. Абстрактный и неосознаваемый характер неявного знания делает данные задачи гораздо более трудными. Однако, новейшие технологические достижения создают для этого определенные возможности, главным образом, благодаря использованию средств мультимедиа и компьютерных сетей. Средства мультимедиа позволяют извлекать неявное знание через интерактивное обучение. Локальные и глобальные сети дают возможность эффективно обмениваться знаниями.

В данной работе предлагается использовать для извлечения, хранения и передачи опыта конструкторов использовать архив интерактивных электронных документов. Новыми знаниями, приобретенными в процессе работы над проектом, являются прочностной расчет кар-

каса котла в пакете ANSYS 5.7.1, трехмерное моделирование рабочего колеса ВВД 14 в CATIA R5, трехмерное моделирование и сборка ходовой части тягодутьевой машины в Inventor 5.

Для извлечения знаний, заключенных в опыте, навыках и интуиции конструктора, используются средства мультимедиа, а сами знания хранятся в виде обучающих фильмов. Это позволяет наглядно продемонстрировать процесс создания моделей. Также фильмы сопровождаются подробными электронными протоколами. Для доступа к таким знаниям используется HTML-приложение, организованное в виде электронного учебника. Структура учебника позволяет легко пополнять его новой информацией.

Внедрение данной системы требует незначительного увеличения мощности компьютеров, используемых на ОАО «Сибэнергомаш», а также создания библиотечного сервера для хранения архива интерактивной документации.

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОРПУСОВ ФОРСУНОК В СРЕДЕ КОМПАС/АВТОПРОЕКТ

Березовская Т.П. – студентка гр. САПР-82
Макарова Е.И. – научный руководитель

Современный этап производственных сил характеризуется высоким уровнем конкуренции между производствами. Главным направлением в конкурирующей борьбе становится повышение качества продукции при сохранении приемлемого уровня цен на нее. Для удовлетворения потребностей многочисленных заказчиков ЗАО «АЗПИ» приходится переходить на мелкосерийное производство и создание многочисленных модификаций выпускаемых форсунок. При сокращении объема партии и увеличении числа модификаций в себестоимости каждой форсунки возрастает доля затрат, приходящаяся на этапы подготовки производства: проектирование, испытания, освоение – причем на изготовление изделия будет затрачиваться незначительная часть всего времени выполнения заказа. Следовательно, основные резервы сокращения времени производственного цикла форсунки и затрат на ее производство лежат в сфере комплексной подготовки производства. Возникшая проблема оптимизации процессов комплексной подготовки производства разрешается путем проведения их автоматизации.

В работе рассматриваются следующие стадии подготовки производства форсунок на ЗАО «АЗПИ»:

- Конструкторская стадия - охватывает все необходимые виды работ по конструированию (разработке проекта) новых форсунок, изготовлению опытных образцов, совершенствованию выпускаемых.
- Технологическая стадия имеет своей задачей разработку новых и совершенствование существующих технологических процессов, технологической оснастки, средств и методов контроля качества, нормативов трудовых и материальных затрат, совершенствование организации производства в цехах и на производственных участках.

На сегодняшний день подготовка конструкторско-технологической документации производилась вручную или на компьютере с использованием Microsoft Word и AutoCAD. Предлагаемая подсистема конструкторско-технологического проектирования корпусов форсунок разрабатывалась на основе анализа существующей подсистемы конструкторско-технологического проектирования и с учетом требований специалистов.

В предлагаемой системе конструкторско-технологического проектирования программное обеспечение представлено продуктом КОМПАС фирмы «АСКОН». Данный комплекс включает системы: 1) КОМПАС-3D - предназначена для создания трехмерных параметрических моделей деталей и сборочных единиц, содержащих как типичные, так и нестандартные, уникальные конструктивные элементы; 2) КОМПАС-ГРАФИК - позволяет разрабатывать и выпускать эскизы, чертежи, схемы, плакаты, расчетно-пояснительные записки, технические условия, инструкции и т.д.; 3) КОМПАС-АВТОПРОЕКТ - позволяет резко повысить произ-

водительность труда технолога, сократить сроки и трудоемкость технологической подготовки производства. В состав данного интегрированного программного комплекса входят подсистемы проектирования технологий: механообработки, штамповки, сборки, сварки, термообработки, покрытий, гальваники, литья, расчета норм расхода материалов, режимов обработки, нормирования трудоемкости технологических операций, процедуры анализа технологических процессов, позволяющие рассчитывать суммарную трудоемкость изготовления деталей и узлов, определять материалоемкость и себестоимость изделия; 4) КОМПАС-Менеджер - предназначена для ведения конструкторско-технологической документации и производственной информации.

На примере сравнения прохождения задания на проектирование корпуса форсунки в существующей подсистеме конструкторско-технологического проектирования и в предлагаемой показаны преимущества и достоинства второй.

УПРАВЛЕНИЕ ПЕРСОНАЛОМ ИНЖЕНЕРНОГО ЦЕНТРА НА ОСНОВЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ

Базелюк Н.Ю.- студент гр. САПР-01
Левкин И.В. – научный руководитель

Управление знаниями является на сегодняшний день наиболее актуальной проблемой, которую решают опытные профессионалы мира информационных технологий. По мере того как все больше и больше возникает служб по управлению знаниями, предстоит разобраться, что же понимается под термином «знания».

Знания – это приобретаемое фактическим опытом, во-первых, состояние осведомленности и обладание информацией, во-вторых, это диапазон информированности или осведомленности.

На данном этапе информационного развития производства нас окружает «гигабайты» информации. Человечество столкнулось с проблемой ее обработки, хранения и использования. Затруднение в использовании информации зависит во многом и от уровня дифференциации, т.е. различных форм имеющихся знаний. Существуют явные и неявные знания, причем явные знания систематизированы, закодированы, их более легко извлечь из локальных и глобальных баз данных.

Базы знаний - это хранилище знаний предприятия, находящихся, как правило, в разных местах и представленных в различных форматах. Такие хранилища могут иметь форму баз данных в крупных компаниях, картотек, сообщений электронной почты, документов Microsoft® Word или презентаций PowerPoint® - и даже той информации, которую сотрудники держат в своей голове.

Управление персоналом на основе баз знаний заключается в сборе опыта и информации в компании и передаче ее сотрудникам таким образом, чтобы это способствовало росту и повышению эффективности работы предприятия.

Базы знаний технической подготовки производства представлены различного рода документами. Одни содержатся в электронных архивах – это наиболее современный вариант, но, к сожалению не распространенный, т.к. предприятий города довольно отстают по технике и программному обеспечению и соответственно информационному развитию от стран Запада, что соответственно тормозит развитие не только индустрии, но и других важных аспектов деятельности предприятий.

Стоит задуматься над этой проблемой и удостоить соответствующим вниманием такую отрасль как техническая подготовка производства на основе базы знаний. Необходимо обеспечить комплексный подъем компьютеризации этой отрасли и первоначально обратить внимание на построение автоматизированных систем делопроизводства и документооборота.

Вернемся к разновидностям документации. Другая разновидность документов, это документы, которые хранятся на бумажных носителях, занимают почти 80% информации, как справочной, так и оперативной, которая складывается в архивах или пыльных библиотеках.

Организации и предприятия все больше осознают, что информация - жизненная основа процесса разработки изделия, и что индивидуумы должны иметь быстрый доступ к информации и программным инструментам, необходимым для выполнения их работы. Информация должна быть организована и распределена эффективным способом так, чтобы каждый имел доступ к необходимой информации.

Для этого предлагается применить IMAN-систему управления интерактивной электронной документацией, это система пока еще достаточно нова, но из-за ее универсальности, многофункциональности, она в скором времени найдет достойное применение на предприятиях любого типа.

IMAN предназначен для того, чтобы помочь управлять информацией и процессом работы предприятия. До последнего времени, информация об изделии типа примечаний проектировщика, записок, спецификаций, требований, и т.д. никогда не обрабатывалась с помощью компьютеров. Поэтому, эти документы не могли быть связаны с другой значащей информацией. Цель IMAN состоит в том, чтобы сохранить и привести в порядок эти многочисленные части информации, привязав их к структуре изделия.

IMAN обеспечивает поддержку электронного документирования и архивирования в противовес бумажному. Обеспечиваются сохранение авторства всех документов, процедуры согласования и утверждения электронных документов, надежная защита от несанкционированного доступа и изменения. Электронный архив позволяет хранить документацию на все варианты выпущенных изделий. В условиях производства с широкой и постоянно растущей номенклатурой изделий электронная архивация не имеет разумной альтернативы, особенно в перспективе.

В то же время средства IMAN позволяют успешно бороться с безмерным разрастанием количества документов в таком архиве (что является существенной проблемой систем электронного хранения документов).

Уникальное свойство IMAN - поддержка массового производства в условиях постоянно изменяющегося рынка и работы по заказам. IMAN позволяет представлять изделия как «неточные сборки», конкретная спецификация которых определяется в соответствии с определенными конфигурационными правилами. Таким образом, разработанная документация может как бы вобрать в себя всю совокупность (миллионы вариантов) возможных конфигураций изделия, а не просто его базовый вариант. Конкретный вариант изделия получается автоматически после обработки бланка заказа, поступающего из службы маркетинга. Никаких изменений в документацию в пожарном порядке вносить не нужно.

В результате, процесс управления персоналом на основе базы знаний с помощью IMAN –обеспечивает механизм создания или определения организационной структуры персонала предприятия, а также включает базовые функции по созданию каталогов пользователей, групп, ролей, инструментов, атрибутов и т.д. Для сохранения целостности информации в модуле системного администрирования IMAN устанавливаются правила доступа для данных, функций, пользователей, групп и предприятия. Менеджер Доступа IMAN имеет удобный графический интерфейс и управляет привилегиям пользователя на данный объект.

Рабочее пространство IMAN предоставляет пользователю удобный интерфейс доступа к любой информации. Список текущих заданий позволяет оптимально организовать работу персонала, а встроенная электронная почта облегчает процесс общения с коллегами.

На уровне рабочей группы система обеспечивает реальный процесс параллельной работы, контроль над ходом выполнения проекта, гибкое управление привилегиями доступа. Создается среда, в которой каждый член группы имеет доступ ко всей нужной ему информации и может быть уверен в ее достоверности и актуальности.

РАЗРАБОТКА УЧЕБНОЙ САПР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CAD/CAE/CAM СИСТЕМ

Банникова Н.И. – студент гр.САПР-81
Левкин И.В. – научный руководитель

При современном состоянии экономики в нашей стране, необходимо внедрение новых информационных технологий во все области деятельности человека, в том числе и в машиностроение. Это позволит повысить производительность труда, сократить время на разработку и производство продукции, повысить качество выпускаемых изделий при одновременном снижении их стоимости.

Одним из видов информационных технологий являются CAD/CAE/CAM системы. Такие системы позволяют полностью автоматизировать все стадии проектирования изделий, начиная от идеи и кончая процессом изготовления.

Современный рынок CAD/CAE/CAM систем предлагает широкий спектр интегрированных продуктов, рассчитанных на решение локальных или глобальных задач, их сложности и объема; ориентированных на финансовые возможности покупателя. Необходимым условием внедрения таких систем на предприятии, помимо наличия средств на их покупку, является наличие квалифицированных специалистов, способных эффективно использовать такие системы для решения конкретных задач. Одним из вариантов решения данной проблемы может быть подготовка специалистов в высших учебных заведениях. Применение информационных технологий в учебном процессе является естественным продолжением многолетнего процесса внедрения в обучение технических средств.

Поэтому в АлтГТУ на кафедре САПР возникла необходимость в разработке учебной САПР, как наглядного примера, чтобы в дальнейшем можно было успешно внедрить ее и использовать для комплексного обучения студентов, а также для повышения квалификации специалистов.

В данной работе предлагается использовать систему САПР среднего уровня AutoDesk для моделирования этапов жизненного цикла промышленных изделий, на примере приспособления для поджатия пружин. В процессе работы над проектом были осуществлены: концептуальное проектирование, посредством пакета AutoDesk Inventor v.5, для наглядности и демонстрации умений пользоваться САД системами используются средства мультимедиа – HyperCAM; конструкторская подготовка производства и доведение чертежей до ЕСКД вида с использованием AutoDesk Inventor V.5, AutoCAD и MecheniCS; технологическая подготовка производства – написан техпроцесс в TechnologiCS для сферической гайки и сгенерирована управляющая программа в Техтроне для стержня (деталей сборочного узла); подразумевается также выполнить прочностной расчет в пакете Ansys. Каждый этап подготовки производства подробно запротоколирован.

Внедрение данной системы требует организации автоматизированных рабочих мест, а именно установки необходимого технического и программного обеспечений в дисплейном классе кафедры САПР.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ

Афанасьев А.В. ст-т гр.САПР-82
Левкин И.В.- научный руководитель

В настоящее время, не смотря на широкое распространение электрических сетей, процесс короткого замыкания изучен не достаточно хорошо. В нашей стране ежедневно возникает до 400 пожаров. Основной причиной являются короткие замыкания. Для предотвращения пожаров проводятся профилактические мероприятия, ставятся предохраняющие устройства, отключающие электроэнергию. Но этих мер оказывается просто не достаточно, вследствие не совершенности методов расчета процесса короткого замыкания.

Исследование пережигающего действия короткого замыкания дает основу для прогнозирования «поведения» токопроводящих жил, кабелей и проводов в целях их дальнейшего безопасного использования. Физический эксперимент сопряжен с затратами и опасностью пожара, электропоражением людей, срабатыванием средств защиты сети и т.д. Поэтому ставится задача дополнить натурный эксперимент вычислительным.

Метод конечных элементов позволяет комплексно рассмотреть картину короткого замыкания. В качестве среды реализации выбран пакет AnSys, выделяющийся доступностью и практически отсутствием ограничений на решение задачи. Использование данного пакета также позволяет визуализировать процесс К.З.

Исследуемыми параметрами являются время пережога τ , температура T , ток I и напряженность электрического поля E . Входными параметрами модели служат: сечение и расположение проводника, контактная поверхность, материал проводника и пластины, прилагаемые нагрузки.

Для моделирования процесса короткого замыкания были взяты следующие исходные данные:

- Проводник замкнут на плоскую пластину. Пространственная картина замыкания проводника на пластину описывается параболическим видом проводника.
- Сечение проводника $2,5 \text{ мм}^2$;
- Напряжение $U=220 \text{ В}$;
- Материал проводника и пластины медь;
- Толщина пластины $h=4 \text{ мм}$.

После построения модели необходимо ее разбить на элементы. В качестве типа элемента используется элемент SOLID98 -10 узловой твердотельный элемент связанных полей. Результатом анализа электрического поля являются: распределение напряженности электрического поля, распределение плотности тока, распределение количества тепла выделяемого в элементах, получение которого затруднительно при проведении натурального эксперимента.

Исходя, из полученных значений плотности тока рассчитывается τ время протекания К.З. Параметризация модели позволяет снизить временные затраты на моделирование при работе с AnSys в пакетном режиме, тем самым на базе одного проведенного анализа выполняются анализы различных конфигураций проводника и плоскости.

В качестве дальнейшего направления рассматривается получение алгоритмической модели с учетом магнитного поля и температуры, при этом руководствуясь схемой связей между процессами в металле при коротком замыкании.

ПОДСИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УЧЕТА РАБОТЫ КОКСОВОЙ МАШИНЫ

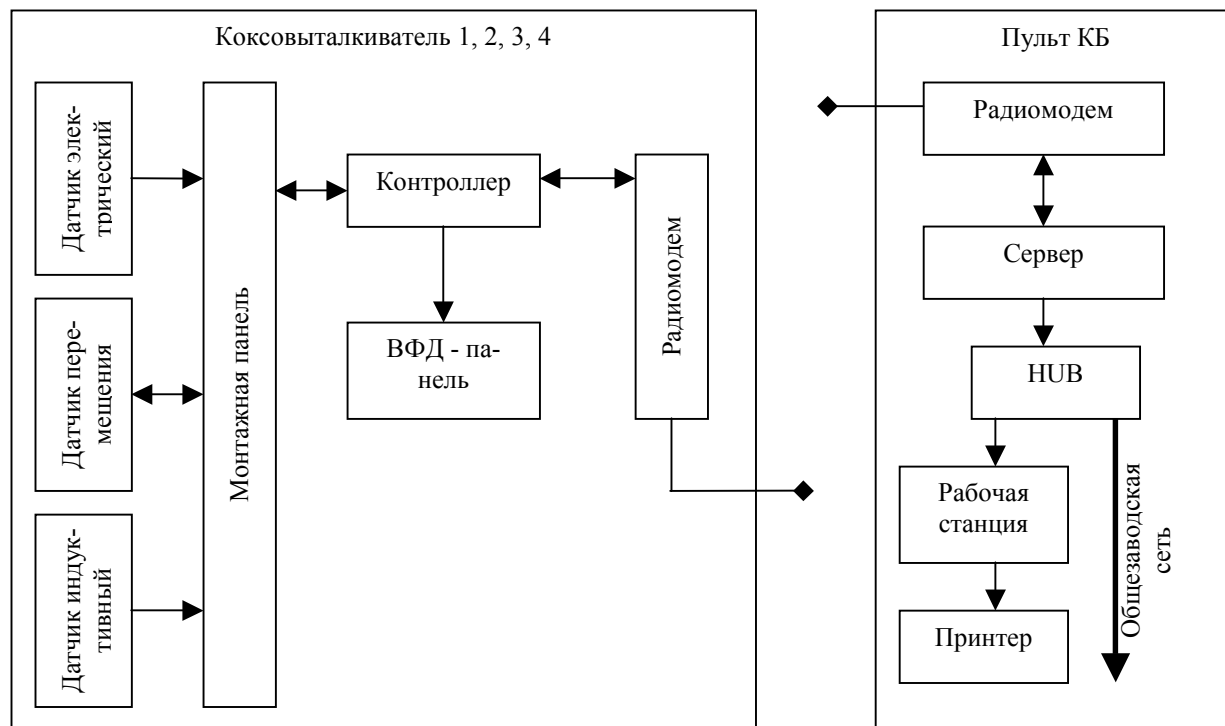
Сазанов М.В. – студент гр. САПР-81
Чумаков И.А. – научный руководитель

Постоянное повышение требований к качеству, надежности и безопасности систем мониторинга и управления технологическими процессами коксования - характерная черта современного производства. Это обстоятельство приводит к необходимости постоянно модернизировать соответствующие информационно-управляющие системы. Однако рассчитывать на существенное улучшение свойств модернизируемой системы можно при условии, если эксплуатационные особенности, точность работы и надежность узлов системы, являющихся объектами контроля и управления, будут соответствовать функциональным и коммутационным возможностям микропроцессорной техники.

Подсистема контроля и учета работы коксовых машин позволяет повысить надежность и качество эксплуатации оборудования коксовых цехов, улучшить обеспечение обслуживающего персонала информацией о технологических параметрах, ускорить оперативность в принятии решений в критических ситуациях. Использование современных аппаратных и

программных средств в данной подсистеме позволит реализовать в дальнейшем, помимо основных, множество дополнительных функций, обеспечивающих определенный комфорт в работе обслуживающего персонала. Данная подсистема также позволит быстро адаптироваться к изменению технологии и наращивать функциональные возможности.

Структура подсистемы представлена на следующей схеме:



Задача разработки подсистемы заключается в подборе оптимального оборудования с точки зрения совместимости отдельных узлов и реализации программного обеспечения для контроллера и создания базы данных.

Реализация подсистемы разбивается на два уровня:

Верхний уровень подсистемы состоит из объединенных по сети Ethernet рабочей станции и сервера. Сервер служит для ведения базы данных показателей объекта контроля. Кроме того, он является мостом для выхода в общезаводскую сеть.

Нижний уровень реализован на базе специализированного микроконтроллера RTU188 фирмы Fastwel, расположенного непосредственно на коксовыталкивателе. Задача контроллера заключается в опросе датчиков состояния и положения технологического оборудования, контроле тока электродвигателя, передаче технологической информации на пульт коксовой батареи, а также на выполнении команд, поступающих с пульта оператора, и формировании соответствующих управляющих сигналов.

Сигналы от датчиков состояния и положения поступают на модули УСО, установленные на монтажных панелях. Сами УСО выполнены на основе одноканальных модулей приема и выдачи сигналов аналогового и дискретных типов с гальванической развязкой серии 73G и 70G фирмы Grayhill.

В качестве радиомодема можно использовать модуль SST-*EXT фирмы IPC DAS, который является радиомодемом с шумоподобным сигналом (ШПС), имеющим порты интерфейсов RS-232C и RS-485. SST-*EXT специально разработан для применения в территориально-распределенных системах сбора данных и управления и предназначен для организации взаимодействия между удаленными датчиками и центральным компьютером.

Индуктивные бесконтактные датчики положения устанавливаются на исполнительные механизмы коксовыталкивателя и должны иметь степень защиты от окружающей среды

не менее IP66 (пылевлагодонепроницаемые). Возможно применение датчиков таких фирм, как OMRON, PEPPERL+FUCHS, а также отечественных.

ВФД – панель небольшого формата предназначена для отображения текущей информации для машиниста коксовыталькователя: текущее время, номер выдаваемой печи, отклонение от графика, максимальное значение тока электродвигателя после выдачи печи. Возможно применение вакуумно-люминисцентных индикаторных панелей.

Программное обеспечение верхнего уровня реализовано на языке программирования C++Builder.

В качестве системы разработки программного обеспечения сбора данных и управления используется система UltraLogik, которая разработана в соответствии со стандартом МЭК IEC 61131 и в качестве основного языка программирования использует язык функциональных блок-диаграмм Function Block Diagram (FBD)

Подсистема позволит решить следующие задачи:

- определение номеров обрабатываемых печей;
- фиксацию времени выдачи кокса и загрузки печей;
- контроль и фиксацию отклонений текущих параметров от нормы;
- фиксацию графика тока, потребляемого двигателем выталкивающей штанги при выдаче кокса по каждой печи;
- составление графика выдачи печей на следующую смену;
- расчет коэффициентов выдачи кокса;
- представление текущей оперативной информации оператору батареи;
- ведение архивов;
- составление и распечатку итоговых документов о работе батареи по выдаче кокса;
- автоматический расчет следующих показателей в итоговых документах:
 - 1) фактический период коксования по каждой печи;
 - 2) отклонение по каждой печи между фактическим временем и графиком выдачи;
 - 3) число печей выданных за смену;
 - 4) определение печей, выданных с нарушением графика;
 - 5) определение печей, выданных с превышением максимального значения тока выталкивающей штанги над допустимым более чем на 5 %.

Подсистема позволит устранить следующие недостатки:

- низкие надежность и точность настройки аппаратуры;
- недостаточная помехозащищенность канала сбора и передачи данных с подвижного объекта;
- неудовлетворительная работа устройств позиционирования;
- большие затраты на обслуживание.

УЧЕБНАЯ САПР ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Гемпель М.В. – студент гр. САПР-91
Левкин И.В. – научный руководитель

Технологические службы предприятий в современных экономических условиях вынуждены оперативно решать задачи подготовки производства. Сроки разработки документации, несколько лет назад считавшиеся приемлемыми, сегодня не устраивают ни руководителей, ни самих технологов. Не последнюю роль в этом играет возросшая конкуренция между предприятиями.

За последнее десятилетие промышленными предприятиями накоплен немалый опыт автоматизации локальных служб конструкторских и технологических подразделений. Автома-

тизированные системы проектирования постепенно, но все же становятся обычным и привычным инструментом конструктора, технолога, расчетчика. Конкурировать иначе в условиях, когда сроки являются основным требованием заказчика, не представляется возможным.

Предприятия реально подошли к интегрированным решениям, способным увязать отдельные задачи в единый комплекс. Не менее важным фактором является переход от ограниченного применения средств САПР продвинутыми специалистами к массовому оснащению подразделений. Есть отчетливое понимание необходимости массового применения компьютерных технологий для сокращения сроков разработки и реализации проекта.

Широкий спектр задач, решаемый технологами, предъявляет высокие требования к таким системам. Известные сложности последних лет привели к тому, что на предприятиях остались специалисты с большим опытом и знаниями производства, но без навыков работы на персональных компьютерах, а пополнение технологических кадров выпускниками вузов в реальной практике явно недостаточно. Поэтому вузы должны делать особый упор на подготовке специалистов, способных ориентироваться в сложившейся ситуации на производстве.

Существующие промышленные САПР не предназначены для использования в учебном процессе, поскольку не имеют функций обучения методам и приемам работы с САПР. Трудность адаптации промышленных систем связана и с тем, что возможности технических средств в вузе обычно имеют более заметные ограничения, чем на крупных предприятиях промышленности. Говорить о возможности одновременной эксплуатации многих промышленных САПР в условиях вуза не приходится.

В силу изложенных выше причин появилась необходимость в создании «учебной САПР», системы, на которой можно смоделировать производственный цикл в масштабе кафедры политехнического вуза.

Для «учебной САПР» характерны следующими особенностями:

- *многопрофильность*, обусловленная наличием в вузе большого числа профилирующих кафедр и дисциплин по проектированию технических объектов;
- *разнообразие математического обеспечения*, диктуемое как необходимостью обеспечения многопрофильности «Учебной САПР», так и потребностями построения учебного процесса на основе анализа и сопоставления ряда конкурирующих методов, алгоритмов и моделей;
- *наличие развитых элементов обучающих систем*, поскольку значительная часть пользователей не имеет нужных навыков и достаточной квалификации;
- *массовость использования*, связанная со значительным числом обучающихся в вузе студентов;
- *преобладание укороченных маршрутов проектирования*, представляющих собой лишь фрагменты реальных маршрутов, и меньшая сложность информационных связей по сравнению с промышленными САПР;
- *преобладание задач малой размерности*.

С одной стороны, эти особенности усложняют построение «учебной САПР» по сравнению с промышленными САПР. «Учебная САПР» должна быть открытой системой, приспособленной для эволюционного развития путем модернизации и добавления новых элементов математического, программного обеспечения, должны быть развиты средства диалогового взаимодействия. Необходим богатый набор математических моделей и методов для выполнения проектных процедур. Многопрофильность обеспечивается развитым инвариантным ядром, усилением проектно-независимых подсистем. С другой стороны, эти особенности облегчают требования к базе данных «учебной САПР», позволяют при тех же вычислительных ресурсах обслуживать большее число пользователей, выбирать иные, чем в промышленных САПР, компромиссы между требованиями к точности и экономичности математических моделей.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ЗДАНИЙ АДМИНИСТРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА ОАО «СЭМ»

Губарева А.А.-студент гр. САПР-81
Левкин И.В. – научный руководитель

Большинство современных автоматизированных систем управления сетевыми коммуникациями включают в себя два основных элемента: элемент учета (чаще всего представленный базой данных) и графический элемент (отвечающий за графическое представление состава и структуры сетевого оборудования). Графические элементы существующих на сегодняшний день автоматизированных систем управления сетевыми коммуникациями являются двумерными, т.е. представляют состав и структуру сетевого оборудования в двумерной плоскости.

Существующие на сегодняшний день автоматизированные системы управления сетевыми коммуникациями обычно включают в себя заранее созданную стандартную базу данных, в которую пользователь заносит сведения о сетевом оборудовании, и инструменты работы с базой данных (поиск, фильтрация, обработка запросов и т.д.). В условиях отсутствия более эффективных и доступных систем управления сетевыми коммуникациями эти программы могут помочь в деле управления сетевыми коммуникациями, но их функции ограничиваются только учетом оборудования в стандартной базе данных, что не может не отражаться на эффективности работы подобных систем. Стандартная база данных не учитывает особенности сетевых коммуникаций конкретного предприятия.

Принципиально новым подходом к созданию автоматизированной системы управления базами данных является включение в ее состав графического элемента, основанного не на двумерной, а на трехмерной графической модели состава и структуры сетевого оборудования. Эта трехмерная графическая модель включает в себя кроме непосредственно сетевого оборудования еще и трехмерные модели зданий, в которых расположено сетевое оборудование. В реальной жизни системному администратору очень важно иметь представление о том, как логическая топология сети связана с физической структурой - где именно расположен тот или иной хаб, рутер, бридж, как и где проложены связывающие их кабели, кто пользователь данной РС, где она расположена, как сконфигурирован ее сетевой интерфейс и т.д. Разрабатываемая автоматизированная система управления сетевыми коммуникациями благодаря наличию в ее составе трехмерной модели сетевого оборудования и зданий, в которых это оборудование расположено, удовлетворяет указанные потребности системных администраторов, предоставляя максимально полную информацию о месте расположения сетевого оборудования.

Наиболее удобным для создания трехмерной графической модели является надстройка к популярной системе автоматизированного проектирования AutoCAD под названием Architectural Desktop, т.к. это специализированный пакет построения архитектурных объектов совмещающий мощные средства моделирования AutoCAD с большим количеством специализированных инструментов для построения зданий.

При помощи Architectural Desktop можно в короткие сроки построить трехмерную модель здания любой сложности, основываясь на двумерных чертежах. Одним из преимуществ Architectural Desktop является наличие большого количества трехмерных примитивов, представляющих собой различную мебель, бытовую и оргтехнику и т.д. Благодаря этим примитивам легко создать трехмерную модель компьютерной сети с наглядными визуальными элементами.

Для построения базы данных сетевого оборудования можно использовать практически любую систему управления базами данных. Например, для построения и редактирования баз данных можно использовать Microsoft Access.

В Architectural Desktop имеются средства для связывания баз данных с трехмерными моделями. Это инструмент dbConnect. С помощью этого инструмента трехмерная модель

связывается с базами данных разнообразных форматов, а элементы трехмерной модели сопоставляются с соответствующими записями баз данных, что позволяет осуществлять интерактивный вывод информации о конкретном элементе модели просто щелкнув на нем мышью.

На текущей стадии разработки автоматизированной системы управления сетевыми коммуникациями ОАО «Сибэнергомаш» созданы трехмерные модели административно-производственного комплекса ОАО. Разработана структура базы данных сетевого оборудования ОАО «Сибэнергомаш», отвечающая предъявляемым к подобным базам данных требованиям. Ведется работа по дополнению трехмерных моделей административно-производственного комплекса ОАО «Сибэнергомаш» моделями сетевого оборудования и связыванию записей в базе данных сетевого оборудования с соответствующими элементами трехмерной графической модели.

Так же, в качестве экспериментального примера построена трехмерная модель лабораторий кафедры САПР, создана база данных сетевого оборудования кафедры, эта база данных была подключена к трехмерной модели кафедры, все объекты трехмерной модели кафедры были связаны с соответствующими записями в таблицах базы данных сетевого оборудования кафедры. На этой экспериментальной модели кафедры САПР были испытаны средства учета сетевого оборудования, предоставляемые разрабатываемой системой автоматизированного управления сетевыми коммуникациями. В процессе испытаний система показала хорошие результаты.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Степанов А.В. к.т.н., доцент каф. САПР

При переходе от технологического общества к информационному кардинально меняется отношение к основному объекту – информации. В настоящее время это один из самых ценных ресурсов, имеющийся у любой структуры, которая стремится не утратить своей конкурентоспособности на внутреннем и мировом рынке. Очень часто релевантность информации зависит от того, насколько она недоступна конкурентам и прочим «заинтересованным» лицам. Очевидно, что информация нуждается во всесторонней защите. Это в первую очередь касается финансовых вопросов, стратегии организации бизнеса, направления научных исследований, маркетинга, продаж, процессов производства, новых химических формул, условий торговых сделок, а иногда и государственной закрытой информации (например, если речь идет о контрактах в области оборонной промышленности). Другая информация, не имеющая прямого отношения к бизнесу, может по-своему нуждаться в защите и сохранении. Это относится к вопросам частной жизни, подробная информация о которой может порождать ненужные слухи, если станет достоянием общественности, в частности, размеры заработной платы руководителей высшего уровня, сведения о некоторых владельцах акций или вопросы, касающиеся безопасности организации.

Так как в настоящее время почти любая организация активно применяет в своей деятельности вычислительную технику, практически вся важная информация обрабатывается и хранится с ее помощью. Это логично обосновывается тем, что одним из самых важных достоинств компьютеров является возможность хранить огромные объемы информации в компактном и удобном для обработки виде. Более того, эта информация может быть оперативно представлена в требуемом количестве экземпляров и/или чрезвычайно быстро доведена до потребителей, которым она требуется, например, с помощью электронной почты. Вместе с этим, сведения, хранящиеся в электронной форме, можно легко представить в удобном для работы виде на экране монитора. У каждого преимущества есть и обратная сторона, а именно, при определенных условиях быстрая и несложная возможность визуализации информации может стать недостатком и представлять серьезную угрозу безопасности, так как ее могут преднамеренно увидеть и те, кому она не предназначена.

Лавинообразное развитие вычислительной техники и телекоммуникационных сетей принципиально изменило взгляды, на нашу деятельность и отношение к информации. До того как указанные информационные технологии стали необходимой реальностью, было принято исходить из ряда постулатов. Так, мы принимали то, что информация из запечатанного конверта никуда не уходит, признавали достоверность каких-то сведений, если внизу листка бумаги, на котором они были написаны, стояла подпись человека, который сообщал эту информацию, и мы полагали, что сохраняем конфиденциальность, если обсуждаем «секретные» вопросы за закрытой дверью.

Между тем, с тех пор как в повседневной жизни появились компьютеры, которые мы используем в нашем бизнесе, такие предположения разрушаются и последствия могут оказаться самыми пессимистичными. Более того, теперь к мошенничеству могут прибегать люди, которые используют системы совершения сделок, выдавая себя за законных пользователей ими и получая в результате этого доступ к конфиденциальной информации; аналогично в диалоговый режим могут вторгаться хакеры, которые пробиваются через все защитные редуты. Так, если два человека общаются при помощи электронной почты, они не видят друг друга, и в настоящее время не до конца ясно, как каждый из них может идентифицировать другого. Далее, если не принимать усиленных специальных мер защиты, любой пользователь, имеющий в компьютере какую-то важную информацию, не может надежно контролировать доступ к ней.

Вывод один - необходимо обеспечивать защиту информации, благодаря которой субъекты рыночных отношений взаимодействуют друг с другом, получая от этого прибыль. Каждый рыночный объект должен формировать собственную систему защиты информации на системной основе, то есть принимая во внимание назначение объекта, его размеры, условия размещения, характер деятельности и т.д. В процессе формирования системы защиты необходимо исходить из подробного исследования направлений деятельности предпринимательской структуры и комплексных требований защиты. Это становится подчеркнуто актуальным, если объекты применяют в своей деятельности средства информатики.

Существующее многообразие реальных угроз информации в комплексе обработки данных, сложность структуры и функций, а также участие человека в технологическом процессе обработки информации, цели защиты информации могут быть достигнуты только путем создания комплексов защиты информации на основе системного подхода. Первым шагом при создании комплексной защиты должна быть оценка угроз безопасности деятельности коммерческого объекта, а следующим, соответственно, исходя из полученных результатов оценки, принятие решения о построении всей системы защиты и выборе необходимых средств.

В современной коммерческой деятельности информация, представляющая собой коммерческую тайну, может храниться на бумажных, магнитных и оптических носителях, передаваться по телефону, телефаксу, телексу, обрабатываться, храниться и передаваться средствами вычислительной техники, записываться и воспроизводиться магнитофонами, диктофонами, видеоманитофонами. В самой распространенной форме информация присутствует в воздушной среде в виде акустических волн при переговорах.

Существуют угрозы системам обработки данных, исходящие от физических воздействий природных стихий, носящих форс-мажорный характер и не зависящих от человека. Их последствия крупномасштабны, но частота появления все-таки мала. Гораздо чаще и не намного менее опасны угрозы, вызванные человеческой деятельностью. Исходя из мотивации, различают неумышленные (непреднамеренные) и умышленные (преднамеренные) угрозы. Первые обусловлены ошибками в проектировании, в действиях обслуживающего персонала, программном обеспечении, случайными сбоями в работе средств вычислительной техники и линий связи, энергоснабжения, некорректным обращением пользователей, воздействием на аппаратуру физических полей и т.п. Вторые, предполагают несанкционированные действия обслуживающего персонала или несанкционированный доступом (НСД) к информации посторонних лиц. Основными формами реализации угроз для информации могут быть: утрата

(разрушение, уничтожение); утечка (извлечение, копирование, подслушивание); искажение (модификация, подделка); блокирование.

Наиболее распространенной из естественных угроз для систем обработки данных является пожар. Следовательно, в процессе их разработки и использования важнейшее внимание уделяется противопожарной безопасности. Наиболее тщательно защищаются носители компьютерных данных, файл-серверы, отдельные вычислительные машины, центры связи, архивы, и другое оборудование и помещения, где сконцентрированы объемные массивы важной информации. Подобная защита принимает вид специальных несгораемых сейфов, контейнеров и др.

Другая менее частая угроза для систем обработки данных в компьютерных системах - удары молнии. При этом, если не применены необходимые технические меры защиты от мощных электромагнитных излучений грозовых разрядов, выходят из строя отдельные рабочие станции или серверы сети, и на значительное время парализуется работа объекта, т.к. все операции прекращаются.

Нанесение ущерба ресурсам систем обработки данных может также быть вызвано затоплениями, землетрясениями, ураганами, взрывами газа и т.д. Ущерб может быть нанесен при технических авариях, например, при внезапном отключении электропитания и т.д.

Угрозы, связанные с деятельностью человека обычно делятся на: угрозы системе обработки информации в результате несанкционированного использования штатных технических и программных средств, а также их хищения, порчи, разрушения; угрозы в результате использования специальных средств, не входящих в состав системы обработки данных; угрозы использования специальных методов и технических средств; облучение технических средств зондирующими сигналами, в результате чего может происходить искажение или разрушение информации, а при значительной мощности облучения и вывод из строя аппаратуры.

Традиционно каналы утечки информации разбиваются на четыре группы. Первая группа - каналы, связанные с доступом к элементам системы обработки данных, но не требующие изменения компонентов системы. К этой группе относятся каналы образующиеся за счет: дистанционного скрытого видеонаблюдения или фотографирования; применения подслушивающих устройств; перехвата электромагнитных излучений и наводок и т.д.

Вторая группа - каналы, связанные с доступом к элементам системы и изменением структуры ее компонентов. К этой группе относятся: наблюдение за информацией с целью ее запоминания в процессе обработки; хищение носителей информации; сбор производственных отходов, содержащих обрабатываемую информацию; преднамеренное считывание данных из файлов других пользователей; чтение остаточной информации, т.е. данных, остающихся на магнитных носителях после выполнения заданий; копирование носителей информации; преднамеренное использование для доступа к информации терминалов зарегистрированных пользователей; маскировка под зарегистрированного пользователя путем похищения паролей и других реквизитов разграничения доступа к информации, используемой в системах обработки; использование для доступа к информации возможностей обхода механизма разграничения доступа, возникающих вследствие несовершенства общесистемных компонентов программного обеспечения (операционных систем, систем управления базами данных и др.) и не координированностью различных языков программирования применяемых в автоматизированных системах обработки данных.

Третья группа - к которой относятся: незаконное подключение специальной регистрирующей аппаратуры к устройствам системы или линиям связи (перехват модемной и факсимильной связи); злоумышленное изменение программ таким образом, чтобы эти программы наряду с основными функциями обработки информации осуществляли также несанкционированный сбор и регистрацию защищаемой информации; злоумышленный вывод из строя механизмов защиты.

Четвертая группа - к которой относятся: несанкционированное получение информации путем подкупа или шантажа должностных лиц соответствующих служб; получение ин-

формации путем подкупа и шантажа сотрудников, знакомых, обслуживающего персонала или родственников, знающих о роде деятельности.

Наибольшую угрозу с точки зрения утечки информации представляют, как ни странно собственные сотрудники. Это объясняется тем, что именно персонал лучше других ориентируется в системе хранения и обработки информации, знает доступ и размещение важной информации. Исследователи проблем безопасности сходятся во мнениях, что причинами подобных действий сотрудников являются кризис доверия руководству и неблагоприятный психологический климат в коллективе. Устранить подобные причины, или, как минимум, обнаружить их поможет постоянный мониторинг со стороны руководства или отдельных служб фирмы.

В статье приведены лишь основные моменты информационной безопасности и защиты информации. Но и они показывают необходимость уделять больше времени и средств этому направлению.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ НА ПРОКЛАДКУ ГАЗОВОГО СТЫКА ДИЗЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CAD/CAE СИСТЕМ

Русаков В. И. – студент гр. САПР – 81
Лопухова Н. Г. – научный руководитель

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

На АО «Барнаултрансмаш» и ОАО «Алтайдизель» ставится задача повышения надёжности газового стыка. В связи с этой задачей возникла проблема равномерного распределения давлений в газовом стыке дизеля при затяжке силовых шпилек. Для решения данной проблемы были проведены расчеты, в которых, изменяя конструктивные параметры деталей газового стыка и прилагаемые усилия от затяжки шпилек, можно выбрать те, при которых будет обеспечиваться равномерное распределение нагрузки в прокладке. Это в свою очередь требует большого количества времени, т.к. расчет конструкции деталей газового стыка представляет собой комплекс решения непростых задач. Для этого необходимо моделирование НДС деталей газового стыка с использованием CAD/CAE систем.

Процесс моделирования НДС разбивается на следующие этапы: создание твердотельных геометрических моделей деталей газового стыка с использованием пакета SolidWorks 2000, и дальнейшая их сборка; импортирование модели газового стыка в пакет Cosmos/DesignSTAR v3.0, для проведения прочностного расчета; выполнение прочностного расчёта. На импортированную модель накладывается конечно-элементная сетка, прилагаются нагрузки на шпильки, соответствующие усилиям от затяжки. В результате получаем модель НДС газового стыка. Далее, проводится анализ распределения напряжений в прокладке, и в случае неравномерности распределения увеличиваются или уменьшаются усилия от затяжки соответствующих силовых шпилек. При изменении усилий от затяжки, важно помнить, чтобы их значения были выше нижнего порога, иначе может произойти раскрытие стыка. Также проводится анализ напряжения в шпильках, во избежание их срыва. Изменив усилия от затяжки соответствующих шпилек, выполняется повторный расчет модели газового стыка и дальнейший анализ результатов. Расчеты проводятся до тех пор, пока распределение нагрузки на прокладку не приблизится к равномерному распределению. Результаты данного анализа приведены на рисунке 1. При неудачных попытках добиться равномерного распределения нагрузки на прокладку путем изменения усилий от затяжки шпилек, можно изменить конструктивные параметры газового стыка, т.е. переместить шпильки. Результаты расчета НДС газового стыка после перемещения шпилек показаны на рисунке 2.

Результатом данной работы является методика для моделирования равномерного распределения нагрузок на прокладку газового стыка дизеля с использованием CAD/CAE сис-

тем. Применение данной методики значительно сократит время и средства, затраченные в процессе проектирования дизеля.

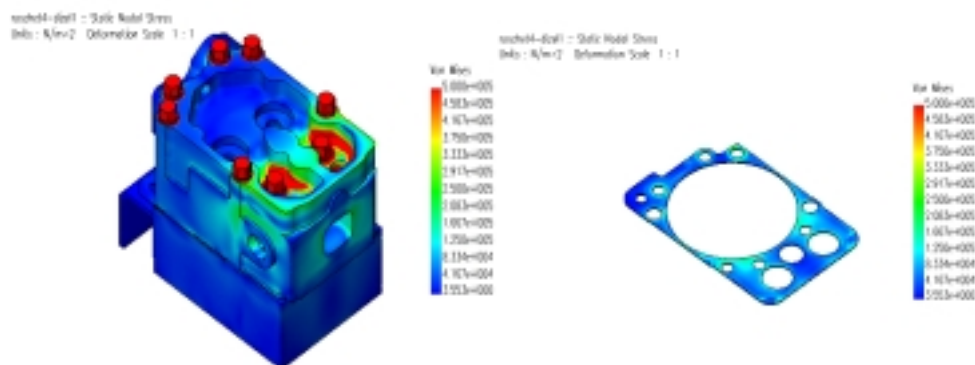


Рис. 1 Поля напряжений в деталях газового стыка и в прокладке после определенного увеличения усилий от затяжки.

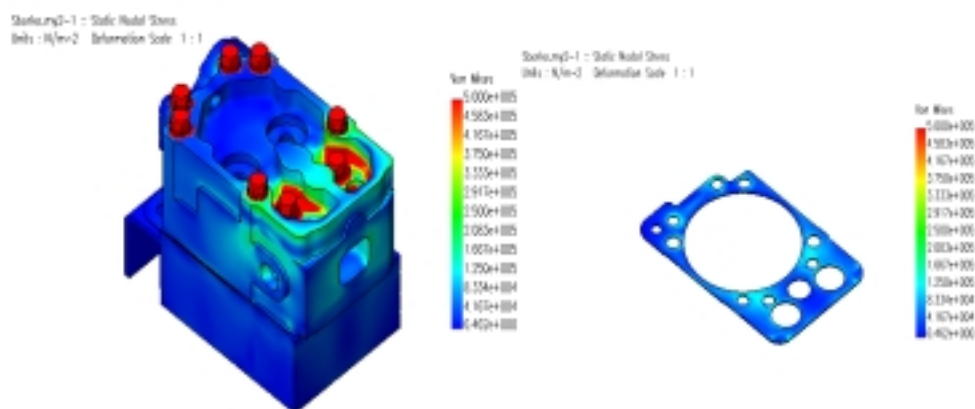


Рис. 2 Поля напряжений в деталях газового стыка и в прокладке после перемещения болтов с целью достижения равномерного нагружения прокладки.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО - ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ДИЗЕЛЯ

Бочаров И.А. – студент гр. САПР-81
Лопухов В.М. – научный руководитель

На сегодняшний день большинство проектировочных работ ведется по аналитической схеме, что влияет на сроки и точность разработки новых двигателей. В частности возникает необходимость автоматизации проектирования коленчатого вала дизеля, поскольку нас не удовлетворяет точность прочностного расчета, а также временные затраты.

На сегодняшний день существуют несколько видов расчета коленчатого вала на прочность. Наиболее широко используемыми являются аналитические методы расчета. Однако они являются проверочными и не позволяют увидеть результаты действия сил и моментов действующих на коленчатый вал.

В связи с возникшей ситуацией мы предлагаем создать автоматизированное рабочее место (далее АРМ) проектировщика коленчатого вала дизеля. Программное обеспечение состоит из пакета для построения твердотельной модели кривошипа (SOLIDWORKS); программного обеспечения для динамического расчета коленчатого вала, разработанного авторами; пакета для проведения прочностного расчета (COSMOS).

При построении твердотельной модели строим только первую шейку коленчатого вала, поскольку она является наиболее нагруженной. Результат построения сборки кривошипа и подшипников скольжения в пакете SOLIDWORKS показан на рисунке 1. Силы и моменты действующие на кривошип определяются из динамического расчета, основанного на методике завода «БарнаулТрансмаш».

После экспорта сборки в пакет COSMOS, разбиваем её на конечные элементы (накладываем сетку). Далее накладываем силы и моменты действующие на кривошип, и производим расчет конечно-элементной модели. Для расчета требуется жестко закрепить подшипники скольжения (рисунок 2). Из динамического расчета выбираем максимальные силы действующие на кривошип, прикладываем их на шатунную шейку по углу поворота коленчатого вала. Силы распределяются на поверхности по синусоидальному закону. К коренным шейкам прикладываем крутящие моменты (берутся из динамического расчета) по углу поворота коленчатого вала (рисунок 3). В данной работе предлагается использовать для прочностного расчета метод конечных элементов. Основная идея состоит в том, что тело разбивается на совокупность достаточно малых подобластей, называемых в дальнейшем конечными элементами.

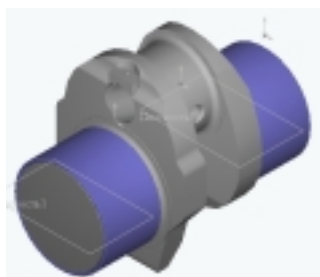


Рис.1 Кривошип коленчатого вала

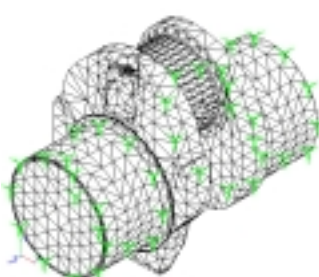


Рис.2 Закрепление подшипников

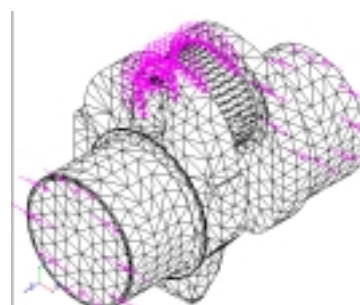


Рис.3 Приложение сил и моментов

Применение данного расчета позволит учесть изменение параметров коленчатого вала в период проектирования, наглядно показать силы и напряжения, действующие в кривошипе коленчатого вала и увидеть результаты приложения нагрузок действующих на кривошип.

СЕКЦИЯ «ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВ»

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ.

Бадулина О.С. – магистрант группы МТАП-71
Ситников А.А. – научный руководитель

Защитные покрытия обеспечивают возможность изготовления деталей, обладающих высокой долговечностью и достаточной надежностью, повышают эксплуатационную стойкость деталей машин и инструментов, позволяют восстанавливать изношенные поверхности и размеры бракованных деталей.

Детали с покрытиями подвергаются различным видам обработки – точению, фрезерованию, строганию, сверлению, шлифованию, хонингованию, суперфинишированию и др. При выборе методов, режимов размерной обработки деталей с покрытиями необходимо учитывать их специфические особенности. К ним относятся, прежде всего, структурная неоднородность, нестабильность физико-механических свойств, пористая структура, высокая твердость многих покрытий. в ряде случаев сравнимая или даже превышающая твердость некоторых инструментальных материалов, а также относительно низкая прочность сцепления покрытия с основным металлом, значительно ограничивающая повышение режима резания.

Токарная обработка плазменных напыленных покрытий, в том числе и высокой твердости, является одним из методов механической обработки, альтернативных круглому шлифованию (наружному и внутреннему). Как известно, в пользу лезвийной обработки на финишных операциях можно привести следующие факторы, в значительной мере влияющие на эксплуатационные свойства деталей:

- токарная обработка в большей степени, чем шлифование, способствует возникновению сжимающих напряжений;
- отсутствие шаржирования обработанной поверхности, что имеет немаловажное значение при обработке пористых покрытий;
- более регулярный микрорельеф поверхности способствует удержанию смазки в парах трения;
- производительность и точность обработки в условиях тонкого точения не уступает этим параметрам при шлифовании;
- отсутствие прижогов и как следствие этого, структурных изменений в поверхностном слое покрытия.

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

Бадулина О.С. – магистрант гр. МТАП-71
Ситников А.А. – научный руководитель

Детали с покрытиями подвергаются различным видам обработки – точению, фрезерованию, строганию, сверлению, шлифованию, хонингованию, суперфинишированию и др. Токарная обработка плазменных напыленных покрытий, в том числе и высокой твердости, является одним из методов механической обработки, альтернативных круглому шлифованию (наружному и внутреннему). Как известно, в пользу лезвийной обработки на финишных операциях можно привести следующие факторы, в значительной мере влияющие на эксплуатационные свойства деталей:

- токарная обработка в большей степени, чем шлифование, способствует возникновению сжимающих напряжений;

- отсутствие шаржирования обработанной поверхности, что имеет немаловажное значение при обработке пористых покрытий;
- производительность и точность обработки в условиях тонкого точения не уступает этим параметрам при шлифовании;
- отсутствие прижогов и как следствие этого, структурных изменений в поверхностном слое покрытия.

Особенности обработки резанием плазменно-напыленных покрытий предопределяются их свойствами и структурой: нестабильность физико-механических свойств, высокая твердость многих покрытий, в ряде случаев сравнимая или даже превышающая твердость некоторых инструментальных материалов, а также относительно низкая прочность сцепления покрытия с основным металлом, значительно ограничивающая повышение режима резания, наличием значительных отклонений геометрической формы поверхности, структурной и химической неоднородностью, различиями твердости, низкими пластическими свойствами, повышенной пористостью и трещиноватостью покрытий, присутствием в их материале шлаков и твердых включений, а также наличием значительного оксидного слоя на поверхности. Поэтому при обработке покрытий наблюдаются более низкая стойкость инструмента и более высокая температура, а также меньшая степень пластической деформации в зоне резания, чем при обработке того же материала, но в другом состоянии. Для изготовления инструментов, предназначенных для обработки деталей с покрытиями, могут быть использованы различные инструментальные материалы – твердые сплавы, минералокерамика, поликристаллические СТМ.

При твердости покрытия свыше 40-45 HRC обработка их инструментами из твердых сплавов практически невозможна. Можно улучшить технико-экономические показатели процесса обработки твердых покрытий путем применения инструмента, оснащенного поликристаллическими сверхтвердыми материалами на основе кубического нитрида бора (КНБ). Из материалов, разработанных в России, наиболее работоспособными являются гексанит-Р (композиты 10 и 10Д) и киборит. Композит 01 (эльбор-1) и композит 02 (белбор) – поликристаллы из КНБ с минимальным количеством примесей, рекомендуются для тонкого и чистового точения (преимущественно без удара). Композит 10 (гексанит-Р) и двухслойные пластины из композита 10Д, рекомендуются для предварительного и окончательного точения с ударом и без удара.

При черновой обработки наплавки твердостью 54 HRC производительность точения резцами из гексанита-Р и киборита в 1,5-4 раза выше, чем инструментом из твердого сплава Т15К6, и в 2-6 раз выше, чем резцами из эльбора. Для точения и растачивания поверхностей с плазменными покрытиями из сплавов на основе никеля (47-57HRC) рекомендуются композиты 01,02,10,10д при следующих режимах резания $V=40-100$ м/мин; $S=0,03-0,15$ мм/об; $t=0,1-0,5$ мм.

ПРОФИЛОГРАФИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА АБРАЗИВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Бессергенов А.С. – магистрант гр. МТАП-81
Федоров Ю.В. – научный руководитель

Метод профилографирования достаточно изучен и очень удобен в использовании, а также менее трудоемок по сравнению с другими методами. Он позволяет оценить шероховатость режущей поверхности по параметрам, которые широко используются для контроля качества поверхности деталей.

Метод профилографирования для контроля рельефа режущей поверхности абразивных кругов с помощью алмазной иглы с углом профиля 45° и радиусом округления 25 мкм, осуществлялся на приборе мод. 201 выпускаемым заводом “ Калибр ”. Был использован метод преобразования непрерывного сигнала о профиле от датчика в дискретные сигналы, ко-

которые обрабатывались с помощью вычислительной машины и выдавались на печать в виде данных о высоте всех неровностей и впадин.

Метод профилографирования алмазных инструментов на металлических связках был усовершенствован путем применения токопроводящих игл. Включение которой в соответствующую электрическую схему позволяет на профилограмме выделять участки, занимаемые токопроводящей металлической связкой и нетокопроводящими алмазными зернами.

Математическая обработка полученного профиля позволяет представить его в виде наложения ряда прямоугольников, у которых сохраняются неизменными некоторые основные вероятностные характеристики случайной величины, оценивающие профиль рельефа. Последовательность прямоугольников строится для нескольких фиксированных уровней по высоте профиля. Для каждой из этих совокупностей сохранены следующие параметры: Протяженность оснований прямоугольных импульсов равна соответствующей протяженности профиля на данном уровне; число прямоугольных профилей; вероятный шаг между соответствующими неровностями, т.е. частота следования импульсов, сохраняются неизменными.

Подобная аппроксимация является удобной при теоретическом определении некоторых параметров слоя металла, срезаемого абразивными зернами, т.е. максимального и среднего значений толщины срезаемого слоя, длины линии контакта зерна с деталью, нахождения функций и плотности распределения этих величин.

ВЛИЯНИЕ ПРАВКИ НА МИКРОРЕЛЬЕФ ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

Бессергенов А.С. – магистрант гр. МТАП-81

Щербаков Н.П. – научный руководитель

Абразивная обработка применяется для окончательной обработки наиболее ответственных поверхностей детали. Высокая эффективность обработки достигается использованием сверхтвердых материалов, в тех областях и при таких режимах обработки, которые соответствуют определенным эксплуатационным свойствам инструмента. Высокие затраты на производство сверхтвердых материалов заставляют проводить исследование особенностей шлифования, микрорельефа круга и обрабатываемой поверхности. Добиться снижения шероховатости и повышения точности, получение требуемого микрорельефа позволяет правка шлифовальных кругов.

Наиболее тонкая правка осуществляется методом обтачивания. При этом используются алмазные карандаши; алмазные иглы и гребенки; алмазные зерна в оправке.

При черновом шлифовании применяют правку обкатыванием. Здесь используются металлические, твердосплавные или абразивные диски, устанавливаемые на специальных державках. При правке они вводятся в соприкосновение со шлифовальным кругом и получают от сил трения вращение с большой частотой.

При правке шлифованием используют абразивные круги высокой твердости и алмазные ролики, которые получают принудительное вращение от индивидуального привода, и медленно подводятся к шлифовальному кругу.

Выкрашивание абразивных зерен, затупление и засаливание рабочей поверхности круга приводит к искажению первоначальной геометрической формы круга, снижению его режущей способности, возникновению вибрации и появлению характерных шумов, к ухудшению шероховатости шлифуемой поверхности и уменьшению точности обработки.

Правка позволяет избавиться от вышеперечисленных недостатков, т. е. восстанавливать необходимую геометрическую форму абразивного инструмента, режущих свойств и микропрофиля его рабочей поверхности, а следовательно повысить качество, точность и снизить шероховатость обрабатываемой поверхности.

МЕТОДЫ ОТДЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Бондарь Е.Б. – магистрант гр. МТАП-71
Аскалонова Т.А. – научный руководитель

Качественные показатели ДВС во многом определяются точностью изготовления и износостойкостью поршневых колец (ПК). С целью повышения износостойкости ПК их хромируют. После нанесения слоя хрома рабочая поверхность ПК имеет значительную шероховатость. Поэтому для обеспечения требуемой чистоты и профиля рабочей поверхности необходимы отделочные операции. На предприятиях применяют следующие методы финишной обработки хромированных ПК: шлифование, наружное хонингование, притирка, охватывающее алмазное хонингование.

Шлифование проводится профильными абразивными кругами в два этапа: черновое с подачей 0,5 мм/мин и чистовое - 0,1 мм/мин.

Притирка может осуществляться несколькими способами:

- притирка ПК в чугунных гильзах всухую или с доводочной пастой,
- притирка в алмазных гильзах-притирах.

Притирку в алмазной гильзе производят на специальном притирочном станке при режиме: $V_v=18$ м/мин; $V_{v-p}=14$ м/мин.

При наружном хонинговании режущим элементом являются абразивные бруски. Его характерной особенностью является возможность получения пересекающихся под необходимым углом следов обработки (рисок), которые наиболее благоприятны для работы детали.

При охватывающем алмазном хонинговании используется разрезная деформируемая гильза с алмазными брусками.

Таким образом в настоящее время существуют различные методы и множество конструкций инструмента для отделочной обработки ПК, нет единого мнения по выбору характеристик брусков и режимов хонингования.

Поэтому актуальными сейчас являются:

1. Работы по обобщению конструкций инструмента для отделочной обработки ПК и их классификации.
2. Работы по анализу преимуществ и недостатков как инструмента так и методов обработки.
3. Анализ и обобщение различных рекомендаций по выбору характеристик брусков и режимов хонингования.

ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ О МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ В САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ

Воронцов Д.С. – магистрант гр. МТАП-81
Фёдоров Ю.В. – научный руководитель.

Проектирование технологии изготовления режущего инструмента всегда было и остаётся трудной задачей в значительной степени из-за сложной геометрии инструмента.

При автоматизированном проектировании технологии изготовления различных деталей, а в особенности режущих инструментов (детали со сложной геометрией) сопровождается передачей информации о геометрии детали и технологических требований в САПР технологического процессов. В большинстве современных систем технологического проектирования встроен язык описания детали (ЯОД). Использование ЯОД при описании сложных деталей – это достаточно длительная и утомительная процедура, что повлечет за собой появление ошибок. В некоторых системах автоматизированного проектирования предусмотрен режим получения данных с электронного параметрического чертежа детали например, в САПР ТП

«ТехноПро», но это не исключает применения ЯОД на стадии проектирования модели ТП, а также при отсутствии соответствующих графических систем.

Решением такой проблемы может стать применение системы графического моделирования и сопряженной с ней системы преобразования 3D-модели в представление на ЯОД. Для этого в трехмерной модели должна сопутствовать технологическая информация. Такая информация может представляться (в самом простом случае) в виде таблицы поверхность – технические требования, поверхность – качество точности, поверхность – шероховатость и т.д. Создание системы преобразования облегчается тем, что информация о поверхностях детали в 3D-модели представлена в «явном» виде, т.е. нет необходимости разделять модель на поверхности.

3D - модель может также использоваться для выделения конструктивно - технологических элементов, получения операционных эскизов и др. Также неоспоримым является тот факт, что проектирование детали в трехмерном варианте более удобно, чем на 2D-чертеже, вследствие большей наглядности, также в большинстве случаев процесс проектирования трехмерной модели детали более прост в сравнении с двухмерным проектированием.

Такая система может быть реализована например, в системе Компас-График 5.x при помощи средства разработки Компас-Мастер или других системах трехмерного моделирования.

ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ В САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Воронцов Д.С. – магистрант гр. МТАП-81

Щербаков Н.П. – научный руководитель

Экспертные системы – это программные комплексы, аккумулирующие знания специалистов в конкретных областях и тиражирующие это эмпирический опыт для консультаций менее квалифицированных пользователей.

В современных САПР ТП остро стоит проблема повышения качества принятия проектных решений. Эта проблема выражается в необходимости использовать положительный опыт инженеров-технологов при автоматизированном проектировании технологических процессов. Решению этой проблемы может способствовать применение экспертных систем, т.к. они значительно облегчают ввод в систему знаний и работу с ними.

В структуре экспертных систем должны присутствовать следующие элементы: решатель, база знаний, подсистема объяснений. Применение экспертной системы оправдано в том случае, если в предметной области большая часть знаний является личным опытом специалистов высокого уровня (экспертов) и если эти знания слабо структурированы. Такими областями в проектировании технологических процессов могут быть: структурный синтез маршрута обработки, параметрический синтез маршрута обработки, выбор планов обработки поверхностей и т.д.

На современном этапе развития САПР ТП систем, которые можно было бы назвать экспертными, нет. На сегодняшний день рынок САПР ТП представлен следующими компаниями: АСКОН, Вектор, СПРУТ, Интермех и т.д. Почти во всех САПР ТП этих фирм присутствуют элементы экспертных систем – базы знаний, но в них не присутствуют все необходимые компоненты экспертных систем. Базы знаний в таких системах играют роль накопителя правил или условий, из которого они извлекаются в процессе диалогового проектирования технологического процесса.

Создание экспертных систем в области технологического проектирования, интегрированных с традиционными системами позволит упростить и ускорить процесс диалогового проектирования технологических процессов, а также повысить их качество.

УПРАВЛЕНИЕ ТОЧНОСТЬЮ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ МАЛОЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ

Захаров В.Ю. – магистрант гр. МТАП-81
Черепанов А.А. – научный руководитель

В машиностроении непрерывный рост объема производства нежестких деталей высокой точности объясняется, с одной стороны, возрастающей потребностью промышленности в устройствах, в которых нежесткие элементы служат основными кинематическими и динамическими звеньями, с другой – постоянным стремлением к всемерному снижению массы изделий.

Основной причиной технологических трудностей при изготовлении нежестких деталей являются сравнительно высокие упругие свойства материалов, которые вызывают упругие деформации на всех стадиях обработки заготовок. Второй причиной служит различная податливость элементов технологической системы. Третья причина – малая термоустойчивость деталей, особенно тонкостенных пластин. И, наконец, четвертая причина заключается в том, что высокая чувствительность нежестких деталей к упругим перемещениям и контактным деформациям служит источником вибраций технологической системы.

Отрицательное действие этих факторов при обработке приводит к нарушению технологических баз, погрешностям форм и размеров деталей, поверхностным дефектам, ограничению режимов резания, точностных возможностей станков и стойкости инструмента. Во избежание появления брака станочники вынуждены осознанно идти на увеличение количества проходов, что приводит к существенному увеличению цикла обработки. Поэтому назрела потребность в усовершенствовании существующих и разработке новых инструментов и приспособлений для обработки мало жестких деталей с целью управления точностью обработки.

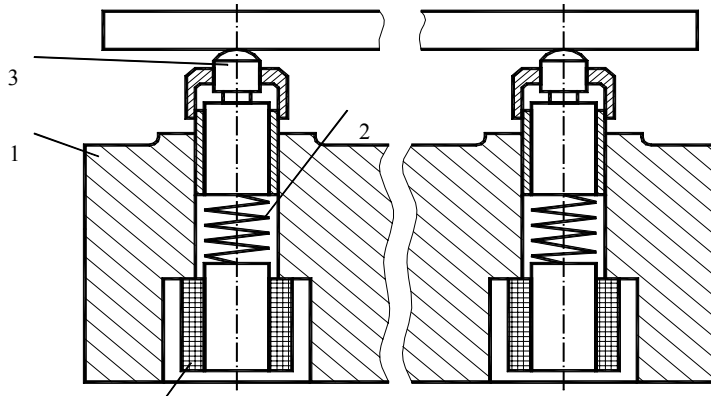


Рис. 1 – Принципиальная схема приспособления

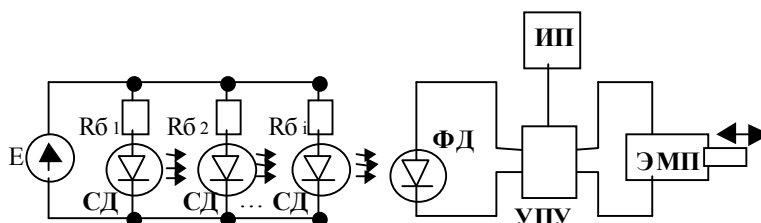


Рис. 2 – Схема управления электромагнитами

Для снижения влияния вышеозначенных факторов на процесс изготовления мало жестких деталей предложена конструкция приспособление для фрезерования плоских мало жестких поверхностей, имеющая признаки патентной новизны.

Приспособление содержит корпус 1, в отверстиях которого установлены опоры 3, пружиненные упругими элементами 2, контактирующих с другой стороны с якорями электромагнитов 4 размещенных в корпусе 1 (рисунок 1). При обработке детали происходит последовательное включение и отключение электромагнитов 4 при помощи фотоэлементов ФД. Управление электромагнитами осуществляется с помощью оптической системы, схема которой представлена на рисунке 2.

Поток излучения от светодиодов СД, попадая на фотодиод ФД, возбуждает в нем фототок, который преобразуется в напряжение. Полученное напряжение управляет электромеханическим приводом якоря ЭМП. Якорь, сжимая упругий элемент 3, увеличивает его жесткость, и, следовательно, жесткость технологической системы в этой точке.

Главное достоинство этого приспособления в том, что оно позволяет управлять жесткостью технологической системы в процессе обработки.

ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ СТАНОЧНОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Захаров В.Ю. – магистрант гр. МТАП-81
Щербаков Н.П. – научный руководитель

В настоящее время в условиях автоматизированного производства тонкостенных корпусных деталей на многоцелевых станках с ЧПУ, как правило, не удастся исключить станочников из процесса обработки данных деталей.

Тонкостенные корпусные детали обладают пониженной жесткостью, вследствие чего процесс обработки сопровождается большим количеством случайных факторов (например вибрации), которые негативно сказываются на окончательном результате обработки.

Погрешность динамической настройки, возникающая в процессе изготовления тонкостенных корпусных деталей, может значительно превышать допустимое поле рассеяние формируемых размеров. Поэтому возникает необходимость в управлении процессом обработки. Можно предложить ряд факторов, которыми можно управлять. К ним относятся: 1) режимы резания; 2) конструкция режущего инструмента; 3) геометрия резания; 4) жесткость технологической системы.

Для управления этими факторами необходимо создание адаптивных систем управления, которые будут учитывать изменение толщины стенки изготавливаемой детали и положение режущего инструмента относительно технологических баз. В частности, при управлении режимами резания адаптивная система может изменять величину подачи, при управлении геометрией резания возможно изменение в процессе обработки главного угла в плане ϕ .

Для управления жесткостью технологической системы целесообразно создание перспективных конструкций станочных приспособлений с применением различных методов управления (механических, оптоэлектронных, индуктивных, электрических) и конструкций режущего инструмента. Проектирование технологии изготовления новой оснастки, отвечающей требованиям современного производства и обеспечивающей высокое качество изготавливаемых деталей невозможно без применения средств автоматизированного проектирования, таких как «ТЕХНОПРО» и «Г – FLEX».

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ ЗЁРЕН НА РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ АЛМАЗНЫХ БРУСКОВ

Игнатенков И.Ю. – магистрант группы МТАП – 81
Аскалонова Т.А. – научный руководитель

Качество деталей машин, обеспечиваемое главным образом на финишных операциях, в значительной мере зависит от характеристики используемого инструмента. В современной технологии машиностроения все более широко распространены алмазно-абразивные инструменты, в частности, хонинговальные и суперфинишные бруски, эффективно применяемые при обработке высокоточных и ответственных деталей и в ряде случаев заменяющие традиционные операции шлифования и доводки.

Режущая способность алмазных брусков определяется целым рядом факторов, одним из которых является геометрия алмазных зерен: углы их заострения при вершине и радиусы округления. Геометрические параметры и форма зерен оказывают непосредственное влияние на взаимодействие инструмента с обрабатываемым материалом, определяют характер износа, динамическую прочность зерен, их способность внедряться в металл и срезать стружку. Установлено, что форма стружки является функцией формы зерен и их расположения в связке.

Величины радиусов округления и углов заострения зерен до настоящего времени требованиями ГОСТ не регламентируется. Препятствием для нормирования этих элементов является сложность измерения и контроля их величины в производственных условиях. В исследовательских целях для определения размеров зерен и их геометрии пользуются методами микрофотографирования в проходящем свете.

Путем обмера полученных проекций зерен определяют их линейные и геометрические параметры. Как правило, геометрию алмазных зерен изучают в исходном состоянии – в порошке. А это существенно искажает реальную картину, так как в результате дробления, вырывов и раскалывания в процессе изготовления и работы геометрические параметры зерен изменяются по сравнению с исходными.

В нашем случае зерна и осколки зерен для измерения брались из шлама, собранного после обработки. По результатам замеров получили, что число острых углов у рабочих зерен значительно больше, а средневзвешенные значения углов заострения меньше в среднем на 20-25%. Анализ и систематизация данных о геометрических параметрах зерен, участвующих в процессе резания, показали, что они не только отличаются от исходных, но и зависят от режимов хонингования. При хонинговании на интенсивных режимах, сопровождаемых значительными усилиями резания, геометрия зерен по своим значения приближается к исходной, замеренной у зерен в порошке. Отмеченные явления можно объяснить особенностями механизма износа алмазных зерен. При хонинговании, сопровождаемом невысокими температурами, преобладает адгезионно-усталостный вид износа, сопровождаемый преимущественно механическим разрушением зерен. Под действием сил резания происходит раскалывание алмазных зерен, вырыв с их поверхности отдельных частиц и вскрытия новых режущих граней. Количество их, соответственно, увеличивается, а углы при вершинах и радиусы округления уменьшаются. При увеличении сил резания повышается износ инструмента, с поверхности зерен вырываются частицы, приближающиеся по своим размерам к целым зернам. Геометрия таких зерен стремится к исходным значениям.

Вышеизложенное позволяет сделать следующие выводы:

- фактическая геометрия зерен, участвующих в резании, отличается от исходной: углы заострения при вершине и радиусы округления меньше в среднем на 20-25%;
- при назначении режимов резания необходимо учитывать сведения о фактической геометрии зерен при выявленном механизме износа алмазных зерен.

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ САПР ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Игнатенков И.Ю. – магистрант группы МТАП – 81
Щербаков Н.П. – научный руководитель

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 создания инструментов, которые, смогли бы работать при высоких температурах в зоне резания, обеспечивая заданное качество детали.

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 дает возможность создавать программы расчета различных режущих инструментов с помощью 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 путем варьирования входными данными, с целью нахождения оптимальной геометрии режущей части;
- существенное сокращение времени расчета режущего инструмента и избавление конструктора от монотонных расчетов.

Работа конструктора при автоматизированном проектировании обычно происходит в режиме диалога, что требует от него знания языка общения с САПР. Таким образом, САПР не заменяет конструктора в его работе, а является лишь орудием, облегчающим его труд.

Наибольший эффект достигается при совместной работе конструктора с САПР.

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА О ЗОНЕ КОНТАКТА ВТУЛОК, ЗАПРЕССОВАННЫХ В КОРПУС С ПОСЛЕДУЮЩИМ ДОРНОВАНИЕМ

Логвиненко В.В. – магистрант гр. МТАП - 71
Хоменко В.А. – научный руководитель

Посадки с гарантированным натягом или, так называемые, прессовые посадки, являются одним из основных видов неподвижных соединений, применяющихся в машиностроении. Кроме того, ресурс и надежность станков и автоматических линий в значительной степени определяются ресурсом и надежностью подшипников, в частности подшипников скольжения, работающих, как правило, в тяжелых условиях при ограниченной подаче смазочного материала и в запыленной окружающей среде. Подшипники скольжения имеют весьма значительный вес в машиностроении из-за своей незаменимости, важности и достаточно широкого применения.

Конструкцию подшипников скольжения разрабатывают с учетом свойств материала таким образом, чтобы свести к минимуму или полностью устранить его отрицательные свойства (низкую теплопроводность, хрупкость, гигроскопичность, нестабильность размеров во

времени и т.д.) и наиболее полно использовать положительные (низкий коэффициент трения, высокую износостойкость, задиростойкость и т.д.). Однако, большинство проведенных исследований показало несоответствие соединений данного вида предъявляемым к ним условиям прочности и надежности, которые заключаются в моменте проворота и усилия распрессовки втулки относительно корпуса.

На основе изучения следующих материалов: И.В. Крагельский «О контактной жесткости стыков», С.Б. Айнбиндер «Площадь контакта между твердыми телами и контактная жесткость», Л.А. Гогавя «Влияние волнистости поверхности на контактную жесткость» и др., можно сформулировать следующие направления изучения данного вопроса:

- основное влияние оказывает нагрузка в стыке, при увеличении которой возрастает контактная жесткость;
- также оказывают влияние и отклонения от заданной формы и ряд механических характеристик контактирующих поверхностей, в том числе пределы текучести, упругости, например: с увеличением предела текучести и модуля упругости контактная жесткость возрастает;
- кроме макрогеометрии, не менее важное влияние оказывает и микрогеометрия: шероховатость, волнистость, деформация поверхности в точке контакта волны с плоскостью, но достижение максимальной контактной жесткости только за счет уменьшения высоты шероховатости невозможно должно быть и отсутствие волнистости;
- влияние оказывает характер деформирования контактирующих поверхностей, т.е. упругий, пластический, упруго – пластический;
- тип прилагаемых нагрузок, т.е. касательные, нормальные т.к. в зависимости от них меняется площадь контакта.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ

Некрасов В. Н. – магистрант гр. МТАП-71

Леонов С. Л. – научный руководитель

В условиях современного развития техники, быстрая и качественная технологическая подготовка производства становится одной из главных задач машиностроения. Одним из эффективных решений такой задачи является автоматизация технологической подготовки производства путем создания математических моделей описывающих те или иные технологические процессы.

Математическое моделирование процесса шлифования является одним из самых сложных, благодаря большому количеству входных параметров, изменяющихся в широком диапазоне.

Существующие модели описывающие процесс шлифования можно разделить на два основных типа: эмпирические модели и теоретико-вероятностные модели математического ожидания. К сожалению оба типа имеют ряд существенных недостатков. Эмпирические модели отличаются большим количеством коэффициентов и узким диапазоном применимости. Их использование ограничивается рамками проводимых экспериментов. Теоретико-вероятностные модели математического ожидания либо недостаточно точны, либо слишком громоздки для практического применения, при этом позволяют вычислить выходные характеристики процесса лишь в среднем.

Предлагаемый подход основан на имитационном стохастическом моделировании процесса абразивной обработки. Возможности современной вычислительной техники позволяют смоделировать характер взаимодействия инструмента и заготовки, осуществляя переход от микрогеометрических параметров взаимодействия отдельных абразивных зерен к микро и макрогеометрии обрабатываемой поверхности с учетом динамики обработки. Фактически моделирование в данном случае напоминает экспериментальные исследования, только сам эксперимент заменяется его имитацией на ЭВМ.

Разработанная «модель процесса шлифования» описывает круглое наружное врезное шлифование и позволяет рассчитывать радиальный съём металла и шероховатость обработанной поверхности исходя из профилограммы получаемой при имитации процесса шлифования. Процесс формирования риски от абразивного зерна является центральным при имитационном моделировании. Для его визуализации предлагается использовать графические возможности компьютера. При этом из металла вырезается профиль, соответствующий случайным параметрам зерна с учетом случайной глубины резания в зависимости от случайного расположения в зоне контакта.

Входные параметры «модели процесса шлифования» зависят от технологических параметров процесса шлифования. Радиус при вершине зерен участвующих в процессе резания определяется диаметром зерен, которые были использованы при изготовлении круга, а также параметрами правки, при которой зерна раскалываются либо вырываются, образуя таким образом, выступы с гораздо меньшим радиусом. Значит фактическая зернистость круга зависит не только от размеров зерен, но и от правки. Кроме того, раскалывание зерна или его вырывание зависит также от твердости круга, его структуры и связки, так как они влияют на прочность удержания зерен в теле круга.

Количество зерен участвующих в обработке зависит от фактической зернистости, в одном и том же объеме круга мелких зерен по количеству будет больше чем крупных. Количество зерен также зависит от структуры, так как структура отражает процентное содержание зерен в объеме инструмента. Скорость резания определяет количество зерен участвующих в обработке за единицу времени.

На фактическую глубину резания кроме поперечной подачи при обработке, в результате упругих отжатиий и колебаний влияют геометрические параметры заготовки и ее физико-механические свойства, зависящие от материала заготовки

Для определения шероховатости необходимо знать базовую длину, она различна для различной шероховатости и определяется стандартом. Поскольку для получения необходимой шероховатости используют круг определенной зернистости, значит значение базовой длины зависит от фактической зернистости инструмента.

В настоящее время, разрабатывается «блок преобразования», описывающий вышеперечисленные связи, который обеспечит удобное использование модели инженером-технологом в производственных условиях для прогнозирования результатов круглого наружного врезного шлифования при изменении тех или иных его входных параметров.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Синельников Е. С. – магистрант гр. МТАП-81

Щербаков Н. П. – научный руководитель

В современном машиностроении зачастую огромное количество времени уходит на технологическую подготовку производства, в частности на разработку технологических процессов. Для сокращения времени проектирования целесообразно применять системы автоматизированного проектирования (САПР), но только при экономическом обосновании данного внедрения, потому что такие системы имеют высокую стоимость и не каждое предприятие может себе это позволить.

Применительно к проектированию технологии изготовления режущего инструмента такие системы позволяют повысить производительность в 3 – 20 раз за счет сокращения времени проектирования и использования библиотек готовых ТП. А также повысить качество принимаемого решения за счет оптимизации спроектированных вариантов технологических процессов по некоторому критерию оптимальности.

Эффективно применять САПР для инструментов сложной геометрической формы, это избавляет проектировщика от сложных рутинных вычислений и дает больше времени на

творческую работу. Например, проектирование протяжек, эжекторных сверл, фасонных резцов и т. д. При проектировании инструментов с фасонными поверхностями повышается точность геометрических построений. Также целесообразно применять САПР для инструментов с корригированным профилем, так как корригирование – наиболее трудоемкий этап (содержит элементы поиска оптимального решения).

Возможно, в будущем появятся такие системы, которые будут обеспечивать весь путь от ввода исходных данных до получения готового инструмента, во всяком случае, к этому необходимо стремиться.

ОСОБЕННОСТИ СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ ПРИ СВЕРЛЕНИИ ЭЖЕКТОРНЫМИ СВЕРЛИЛЬНЫМИ ГОЛОВКАМИ

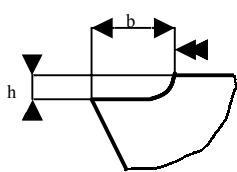
Синельников Е. С. – магистрант гр. МТАП-81
Федоров Ю. В. – научный руководитель

Сверление эжекторными сверлами, являясь одним из способов глубокого сверления, отличается от других его видов принципом подвода СОЖ и отвода стружки, а также конструкцией инструмента. По показателям производительности и точности обработки эжекторное сверление практически равноценно способам сверления инструментами одностороннего резания с внутренним подводом СОЖ и наружным отводом стружки.

К наиболее важным факторам, ограничивающим применение эжекторных сверл, следует отнести повышенные требования к форме и размерам дробленой стружки в связи с ограниченными возможностями эжекторного отсоса стружки.

Стабильность процесса резания и образования транспортабельной стружки зависят от следующих параметров: формы и размеров стружколомающих порожков на передней поверхности режущих элементов сверлильной головки, а так же от режимов резания (скорости резания и подачи) и скорости протекания СОЖ.

На практике выбор режимов резания в каждом конкретном случае производится одновременно с назначением геометрии заточки режущих лезвий и, прежде всего, параметров стружколомающих порожков. При этом необходимо иметь в виду, что длина элементов стружки растет с увеличением скорости резания и уменьшением подачи. А также с увеличением ширины **b** и уменьшением высоты **h** порожка.



При применении стружколомающих порожков важны не их высота и ширина, а общие пропорции, обуславливающие радиус кривизны стружки. Важно чтобы высота была больше толщины стружки. Для материалов с высоким пределом прочности целесообразны порожки с меньшей шириной.

ПРИМЕНЕНИЕ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ

Чванов А.Ю. - магистрант гр. МТАП-81
Щербаков Н.П. - научный руководитель

Шлифование сопровождается значительным выделением теплоты в зоне контакта шлифовального круга с металлом, в результате чего происходит нагрев контактирующих слоев шлифовального круга и обрабатываемого материала; причем большая часть тепла (60-65%) переходит в обрабатываемую заготовку. Средняя температура зоны контакта шлифовального круга с обрабатываемой заготовкой может превышать критические точки фазовых

превращений, приводя к образованию структур со свойствами, отличающимися от свойств основного обрабатываемого материала (возникновение прижогов, образование трещин).

Большое тепловыделение и высокие температуры нагрева поверхностного слоя требуют охлаждения с помощью СОЖ. В качестве СОЖ применяют водные жидкости, эмульсии и углеводородные составы. Водные СОЖ представляют собой растворы солей или поверхностно-активных веществ (ПАВ); часто используют комбинированные составы, содержащие одновременно растворы солей и ПАВ. Эмульсии состоят из двух жидкостей, нерастворимых или мало растворимых друг в друге. При шлифовании обычно применяют водные эмульсии масла. Концентрат, разбавляемый водой, называется эмульсолом. К углеводородным составам относятся минеральные масла. Часто используют минеральные масла с присадками. К углеводородным СОЖ относятся также органические растворители, например четыреххлористый углерод, керосин.

Кроме вывода тепла из зоны резания СОЖ обладает еще и смазочным действием, которое заключается в уменьшении влияния трения в зоне контакта абразивных зерен, как с обрабатываемой поверхностью, так и со стружкой. СОЖ применяют и для удаления отходов обработки с рабочей поверхности круга и из зоны шлифования, чем предотвращается или замедляется засаливание шлифовального круга.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АВТОКОЛЕБАНИЙ ПРИ ТОЧЕНИИ

Смирнов Е.В. – студент гр. ТАП-93
Леонов С.Л. – научный руководитель

В настоящее время установлено, что при резании металлов наблюдаются два вида колебаний: вынужденные колебания, вызываемые периодически действующими внешними силами, и автоколебания, которые не зависят от действия внешних сил.

Причины появления вынужденных колебаний наиболее ясны и потому сравнительно легко устранимы.

Появление автоколебаний не связано с какой-либо внешней периодической силой, они являются самовозбуждающимися колебаниями. Практически на любом станке при определенных условиях работы в процессе резания могут возникать автоколебания, которые ограничивают допустимые режимы резания, снижают качество изделий, а порой приводят к выкрашиванию режущих кромок инструмента.

На данный момент отсутствуют надежные и достаточно простые методы расчета процесса резания на устойчивость, и соответственно нет научно обоснованных методов борьбы с автоколебаниями.

Основным источником возникновения автоколебаний является переменная сила резания, которая может возникать от:

нелинейности деформации поверхностного слоя обрабатываемого материала в процессе резания, как следствие изменение фактической скорости;

образования нароста на передней поверхности инструмента и периодический его срыв, вследствие чего изменение геометрии инструмента в кинематической системе; частота срыва нароста зависит от скорости резания.

Из выше сказанного прослеживается появление переменной силы резания от изменения фактической скорости резания в процессе обработки. Действительно проведенные опыты Зоревым Н.Н. показывают ярко выраженную зависимость силы резания, в частности главной (касательной) составляющей силы резания P_z , от скорости резания v (Рис.1).

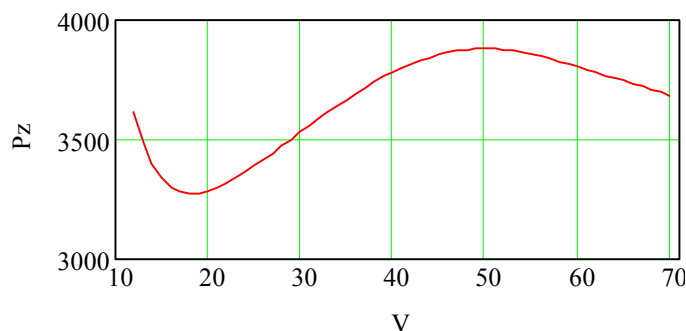


Рис.1. Изменение составляющей силы резания P_z в зависимости от скорости резания v , при обработке стали 40, $t=4$ мм, $S=0.49$ мм/об, по Зореву Н.Н.

Рассмотрим эффект возбуждения автоколебаний за счет падающей характеристики силы резания. Примем, что система имеет одну степень свободы, т.е. рассматриваются колебания только одного элемента - токарного резца. Тогда уравнение движения представляет собой нелинейное дифференциальное уравнение второго порядка:

$$mz'' + Gz' + Cz = P(v - z') \quad (1)$$

где: m – приведенная масса резца (имеется ввиду масса «вылета» резца); G – демпфирование; C – жесткость; P – сила резания; v – задаваемая скорость резания; z' – относительная скорость резания; z – перемещение вершины резца; $P(v - z')$ – функция, характеризующая изменение силы резания от фактической скорости резания.

Данное уравнение позволяет описать устойчивость системы на восходящих и падающих участках зависимости $P(v)$ (рис.1). В частности при решении уравнения (1) можно сделать вывод, что система может терять устойчивость на падающем участке, т.е. появляются колебания, что в свою очередь подтверждает теорию, выдвинутую Кашириным А.И.

Аппроксимировав экспериментальные данные Зорева Н.Н. (рис.1) по методу наименьших квадратов, получили аналитические формулы зависимости $P(v)$. Решение уравнения (1) производилось методом Рунге – Кутты в системе MathCAD. На рис. 2 приведены результаты установившегося решения.

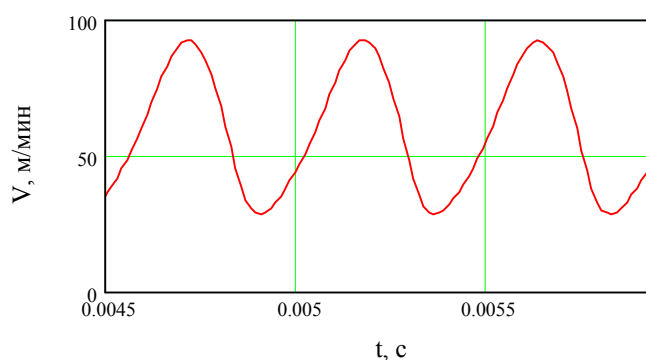


Рис. 2. Графики изменения скорости резания во времени, при $v=60$ м/мин.

На представленном графике видно, что автоколебания имеют негармонический характер.

Полученная модель позволяет прогнозировать появление автоколебаний при точении, получать истинные значения скорости резания, силы резания и перемещения вершины резца, а также амплитуду колебаний этих величин.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОТДЕЛОЧНЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Филиппов А.Н.– студент гр. ТАП-91
Аскалонова Г.А. – научный руководитель

Требуемые эксплуатационные свойства коленчатых валов окончательно обеспечиваются на отделочных операциях. Основным видом отделочной обработки по-прежнему остается шлифование, как процесс наиболее экономичный по сравнению с лезвийным инструментом и достаточно производительный.

Сдерживающим фактором в применении шлифовальных станков с ЧПУ является низкая параметрическая стойкость абразивных инструментов. Наиболее остро проблема стойкости возникает при профильном шлифовании, когда предъявляются повышенные требования к кромкостойкости шлифовальных кругов. Для таких условий шлифования возникла проблема поиска шлифовальных кругов, обладающих более высокой износостойкостью и кромкостойкостью.

Сейчас уделяется особое внимание работам по оптимизации рецептуры кругов, поиску новых композиций связок и абразивных масс. Для упрочнения тела кругов дополнительно к абразивной массе основного материала вводятся шлифпорошки, размеры основной фракции, которых в 4-5 раз меньше, чем исходные зерна. В процессе шлифования такая связка участвует в резании металла, что увеличивает абразивную способность круга и тем самым увеличивает его стойкость.

С целью повышения эффективности операций шлифования коленчатых валов двигателей А01 и А41 проведены исследования с экспериментальными кругами следующей рецептуры: основное зерно марки 92А зернистостью 32 на керамической связки различной твердости – СМ2, СМ1, С1, С2. Дополнительно к зерновому составу введен наполнитель марки 24А зернистостью М63 или 4. Серийные круги имеют характеристику: 92А32П С17К6. Испытания проводились на шлифовальных станках с ЧПУ фирмы «Тойота», выполняющих чистовое шлифование коренных и шатунных шеек, щек и галтелей.

Оценка работоспособности экспериментальных и серийных кругов осуществлялась с помощью коэффициента шлифования $K_{шл}$:

$$K_{шл} = V_M / V_{абр},$$

где V_M - объем снятого обрабатываемого материала, мм³;

$V_{абр}$ – объемный износ шлифовального круга, мм³.

Геометрическая форма профиля круга оценивалась периодическим контролем за его геометрическим профилем.

Производственные и лабораторные испытания показали, что опытные круги экспериментальной рецептуры имеют более высокие эксплуатационные характеристики.

Полученные результаты показывают, что внедрение экспериментальных кругов указанной рецептуры приводит к снижению расхода шлифовальных кругов на 30-35% при одновременном сокращении расхода правящих алмазных роликов. Сокращение дополнительных правок способствует уменьшению простоев шлифовальных станков и повысит эффективность их использования.

СЕКЦИЯ «ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»

ВЛИЯНИЕ УГЛА ЗАБОРНОГО КОНУСА ДОРНА НА ВЕЛИЧИНУ КОНТАКТНОГО ДАВЛЕНИЯ

Алёшин А.В. – аспирант
Хоменко В.А. – научный руководитель

Известно, что относительное смещение сопрягаемых поверхностей деталей в осевом и тангенциальном направлениях обеспечивается величиной радиального контактного давления. Однако распределение этого давления по площади сопрягаемых поверхностей дискретно, особенно при запрессовке тонкостенных втулок в корпуса с прерывистыми отверстиями, зависит от многих факторов: физико-механических, геометрических, технологических, эксплуатационных.

Угол заборного конуса дорна α определяет величину контактного давления в стыке, которое характеризует прочностные параметры соединения. С увеличением угла заборного конуса снижается радиальная составляющая усилия деформирования. Поэтому следует ожидать снижения контактного давления в стыке, а значит и снижение прочностных характеристик. При этом увеличивается осевая составляющая, усилие которой расходуется на сдвиг металла в направлении движения инструмента.

В производственных условиях при работе с большими углами заборного конуса отмечается быстрое появление на рабочей поверхности дорна нароста (до $\alpha = 15...17^\circ$). При дальнейшем увеличении до $\alpha = 30^\circ$ происходит не радиальное сжатие металла и увеличение контактного давления в стыке, а срезание металла.

Как показали эксперименты, наибольшее осевое смещение металла происходит при работе дорнами, имеющими $\alpha = 16^\circ$. Это явление использовано для получения прессового соединения методом дорнования установленной в корпус втулки с одновременной герметизацией по торцу, что имеет большое практическое значение.

Увеличение α приводит к уменьшению Rz обработанной поверхности за счет более высоких контактных давлений на единицу площади заборного конуса дорна. При дорновании соединений из стали 45 ($d_o = 20$ мм; $d_1/d_o = 1.4$; $D_1=80$ мм) однозубым дорном $\alpha = 1^\circ$ получена шероховатость $Rz = 1.57...1.54$ мкм; при $\alpha = 3^\circ$ - $Rz = 0.92...0.8$ мкм. С дальнейшим увеличением $\alpha = 9^\circ; 11^\circ; 16^\circ$ шероховатость постепенно увеличивается.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ГЛУБОКИХ ТОЧНЫХ ОТВЕРСТИЙ ИНСТРУМЕНТАМИ ОДНОСТОРОННЕГО РЕЗАНИЯ

Бибиков Е.В. – магистрант гр. МТАП-82
Дятчин Н.И. – научный руководитель

Улучшение технических характеристик современных машин и механизмов сопровождается усложнением их конструкций и технологий изготовления. При этом предъявляются повышенные требования к деталям машин, к точности и качеству их поверхностей, значительную часть которых составляют отверстия, в том числе и глубокие ($L \geq 5D$).

При обработке глубоких точных отверстий появляются трудности с подводом СОЖ и удалением стружки, а также возникают вибрации, приводящие к снижению стойкости режущего инструмента (РИ), ухудшению точности и качества обработанных поверхностей. Появление вибраций связано с малой жесткостью РИ, которая прогрессивно снижается с увеличением глубины и уменьшением диаметра отверстий. Одним из самых эффективных способов борьбы с вибрациями является применение инструментов одностороннего резания (ИОР), реализующих принцип базирования РИ с опорой на стенки отверстия за счет односторонне направленной неуравновешенной радиальной силы.

Однако, эти инструменты очень чувствительны к условиям эксплуатации и обеспечивают наибольшую точность и производительность только при оптимальных режимах резания и подачи СОЖ, высокой точности, жесткости и достаточной мощности станков, использовании оптимальных по составу СОЖ и при оптимальных геометрических параметрах режущего лезвия. При этом повышенные требования к жесткости делают нежелательным присутствие в конструкции подвижных частей, вследствие чего в большинстве ИОР практически не используются регулировочные механизмы, что не только существенно ограничивает технологические возможности, но и усложняет переоснащение, которое либо вообще невозможно (цельная конструкция, соединение пайкой), либо трудоемко (клеевое соединение). Поэтому в ряде случаев применение ИОР становится экономически нецелесообразным.

Таким образом, существует объективная необходимость в создании регулируемого виброустойчивого инструмента, сопоставимого по жесткости конструкции с цельными нерегулируемыми ИОР, и разработке на его базе технологии обработки, при которой управление элементами ИОР осуществляется непосредственно в процессе обработки. Это позволит, при наличии датчиков активного контроля, создать систему адаптивного управления и тем самым повысить точность обработки, а также расширить технологические возможности ИОР (обработка отверстий различного диаметра, обработка ступенчатых и фасонных поверхностей, получение канавок и др.).

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЁТА ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ С ПЛАЗМЕННЫМ БРОНЗОВЫМ ПОКРЫТИЕМ ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ ОБКАТКИ

Ворожко А.А. – студент гр. ТАП – 84
Фёдоров В.А. – научный руководитель

Существует выражение для определения высоты микронеровностей с учетом их упругой деформации при пластическом поверхностном деформировании обкаткой

$$R_z = \left[\frac{s^2}{8R} - \frac{(K-1)}{K} \cdot \frac{s^2}{16R} \right] = \frac{s^2}{8R} \left(1 - \frac{K-1}{2K} \right) \quad (1)$$

где s - подача инструмента; R - радиус шарика или приведённый радиус ролика; K – коэффициент, учитывающий увеличение радиуса впадины вследствие релаксации поверхностного слоя деформированного материала. Для учёта величины искажения микропрофиля при повторных деформациях в выражение (1) необходимо ввести коэффициенты, учитывающие пластические свойства материала $K\varepsilon$ и давление на контактной площади Kp . В этом случае

$$R_z = \frac{s^2}{8R} \left(1 - \frac{K-1}{2K} \right) \cdot K\varepsilon \cdot Kp \quad (2)$$

Выражение (2) является более точным по сравнению с (1) и может применяться для определения микронеровностей при отделочно-упрочняющей обработке деталей с оптимальными давлениями и с шероховатостью поверхности, рекомендуемой под обкатывание. В соответствии с данными профессора Д.Б. Гогоберидзе, $K=2,6...2,1$ (для мягких сталей при нагрузках на шарик от 1250 до 2500 Н). При обкатывании с оптимальными давлениями $Kp=1$; для углеродистых сталей $K\varepsilon=1,3...2,1$.

При обкатывании поверхности бронзовых плазменных покрытий выражение (2) изменится вследствие того, что модуль упругости материала поверхностного слоя в 1,9...2,1 раза ниже, чем у стали ШХ15 после закалки. Из подобных сталей обычно изготавливают рабочий элемент шариковых или роликовых обкатников. При неодинаковых упругих свойствах шарика и бронзового покрытия, учитывая соотношение модулей упругости исследуемых материалов, получена уточнённая формула с введёнными коэффициентами, учитывающими пла-

стические свойства материала $K\epsilon$ и давление на контактной площади Kp для учёта величины искажения микропрофиля при повторных деформациях.

$$R_z = \frac{s^2}{8R} \left(1 - \frac{2K - 2}{3K} \right) \cdot K\epsilon \cdot Kp \quad (3)$$

При обработке пористых материалов на шероховатость обрабатываемой поверхности существенное влияние оказывает количественная и качественная характеристики пористости, попавшей в зону действия пластических и упругих деформаций. Обкатывание поверхности с недостаточным давлением приводит к тому, что поверхностно расположенные поры не полностью заполняются в результате пластического течения металла. Превышение оптимального давления приводит к перенаклёпу, сопровождающемуся развитием микротрещин из-за концентрации напряжений в порах, или из зародышей трещин в порах, вероятность образования которых еще в процессе напыления весьма велика. Если же величина давления выбрана правильно, то влияние пористости на шероховатость проявляется вследствие значительной разницы упругости микрообъемов материала на поверхности покрытия, размеры которых сопоставимы с размерами пор. Поэтому в формулу (3) целесообразно ввести коэффициент K_p , получаемый эмпирически и учитывающий пористость обрабатываемого материала. Зависимость примет вид:

$$R_z = \frac{s^2}{8R} \left(1 - \frac{2K - 2}{3K} \right) \cdot K\epsilon \cdot Kp \cdot K_p \quad (4)$$

В результате проведённых теоретических и экспериментальных исследований получена зависимость шероховатости поверхности деталей с бронзовым покрытием от основных параметров процесса обкатывания и свойств поверхностного слоя. Найдены коэффициенты для случаев обработки бронзовых покрытий, полученных напылением порошка алюминиево-железистой бронзы марки ПГ-19М-01 на поверхность стальной детали.

ЯВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

Гаврилов В.М. – аспирант
Панов А.А. – научный руководитель

Основные параметры поршневых колец (ПК), наследуемые в ходе технологического процесса, делятся на две группы: связанные с материалом кольца и его геометрическими параметрами. К первой группе можно отнести параметры, характеризующие химический состав, структуру и напряженное состояние материала кольца, энергию, заключенную в поверхностных слоях, деформированных в процессе изготовления и др. Ко второй группе можно отнести шероховатость, волнистость, макрогеометрические погрешности формы.

Эти параметры зависят от качества выполнения всех операций в процессе изготовления ПК, т.к. отдельные свойства переносятся от предшествующей операции к последующей.

В начальный период работы ПК происходит его приработка, а также формируется рабочая структура поверхностных слоев деталей, их микро- и макрогеометрия. На то, как пройдет эта приработка, влияет вид обработки поверхностей поршневого кольца и цилиндра на всех этапах их изготовления, что свидетельствует о влиянии технологии предварительной и окончательной обработки на совместимость поверхностей, находящихся во взаимодействии.

В результате перераспределения остаточных напряжений, фазовых и структурных превращений в материале ПК в процессе эксплуатации может изменяться его геометрическая форма, т.е., износ поверхностей трения приводит к перераспределению контактных давлений, изменению контактной жесткости.

Интенсивность изнашивания ПК в процессе эксплуатации в фиксированный момент времени зависит от всей истории работы поршня и его ремонта в процессе эксплуатации. Также изменения обусловлены особенностями технологического процесса изготовления, например, неравномерностью припуска на операции шлифования торцев кольца. Это приводит к появлению зон повышенного нагрева и, как следствие, возникновению местных напряжений, которые через какое-то время вызывают упругие деформации, искажающие форму кольца.

Помимо вышесказанного на наследственность в процессе эксплуатации колец влияет качество сборки узла поршень - кольцо - цилиндр.

В процессе эксплуатации колец в двигателях в зависимости от факторов окружающей среды (пыль, влага, температура, состав воздуха и др.), режимов работы (скорость, нагрузка, охлаждение и др.), условия обслуживания (периодичность, качество ремонта и т.д.) происходят изменения исходной структуры материала ПК, его микро- и макрогеометрии и т.д.

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОСРЕДСТВОМ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Зиннер А.А. – магистрант гр. МТАП-72

Балашов А.В. – научный руководитель

Основная задача оптимизации режимов механической обработки состоит в выборе таких условий обработки, когда требуемое качество изделия получают при минимальных затратах живого и овеществленного труда. Режимы обработки во многом определяют стоимость и производительность операции. Эти два важных показателя технологических операций наиболее часто используются в качестве критериев оптимальности. Однако анализ режимов обработки, определяемых с учетом этих критериев, показывает, что найденные оптимальные значения этих режимов не совпадают. Иначе говоря, при режимах обработки, обеспечивающих наибольшую производительность, нельзя, как правило, получить минимальную себестоимость. Очевидно, целесообразно провести поиск компромиссного решения. Для получения такого решения целесообразно использовать методы, позволяющие учитывать экономические и функциональные параметры процесса изготовления детали. Одним из таких методов является метод функционально – стоимостного анализа.

Сущность функционально-стоимостного анализа заключается в рассмотрении любого процесса как совокупности функций, которые он должен выполнять. Оценка вариантов построения процесса обработки производится по критерию, учитывающему значимость функций и затраты, связанные с их реализацией. С помощью этого критерия (принципа соответствия значимости функций и затрат на их реализацию) обеспечивается экономический диагноз того или иного технического решения. Данный критерий может быть использован и при назначении режимов резания.

Взаимосвязь между значимостью функций и затрат на их реализацию определяется посредством построения функционально-стоимостной диаграммы (ФСД). Значимость исполнения функций перехода программно-комбинированной операции обуславливается значениями погрешностей отдельных этапов технологического процесса (статическая настройка инструмента, установка инструмента и заготовки и т.п.), а затраты на их реализацию могут определяться методом нормативной себестоимости машино-часа и машинокоэффициентов, предложенного Л.И. Гамрат – Куреком. При построении ФСД по оси абсцисс откладываются этапы технологического процесса, участвующие в образовании общей погрешности обработки. По оси ординат в верхней части располагается удельный вес погрешностей отдельных этапов в общей погрешности обработки. В нижней части – удельные затраты на реализацию данных этапов в общих затратах на технологический переход (рисунок 1).

Если удельный вес затрат того или иного этапа превышает удельный вес погрешности, возникает зона дисбаланса, требующая устранения. На рисунке 1 зоны дисбаланса заштрихованы. Величина зоны дисбаланса формообразующего движения выступает в качестве критерия оптимизации режимов резания, поскольку данная зона зависит в первую очередь от режимов механической обработки.

Для данных условий целевую функцию можно записать следующим образом:

$$F(S, n) = |W_{\text{ф.д.}}(S, n) - Z_{\text{ф.д.}}(S, n)| \rightarrow \min \quad , \quad (1)$$

где $W_{\text{ф.д.}}(S, n)$ – зависимость относительной погрешности формообразующего движения от режимов резания;

$Z_{\text{ф.д.}}(S, n)$ – зависимость относительных затрат на формообразующее движение от режимов резания.

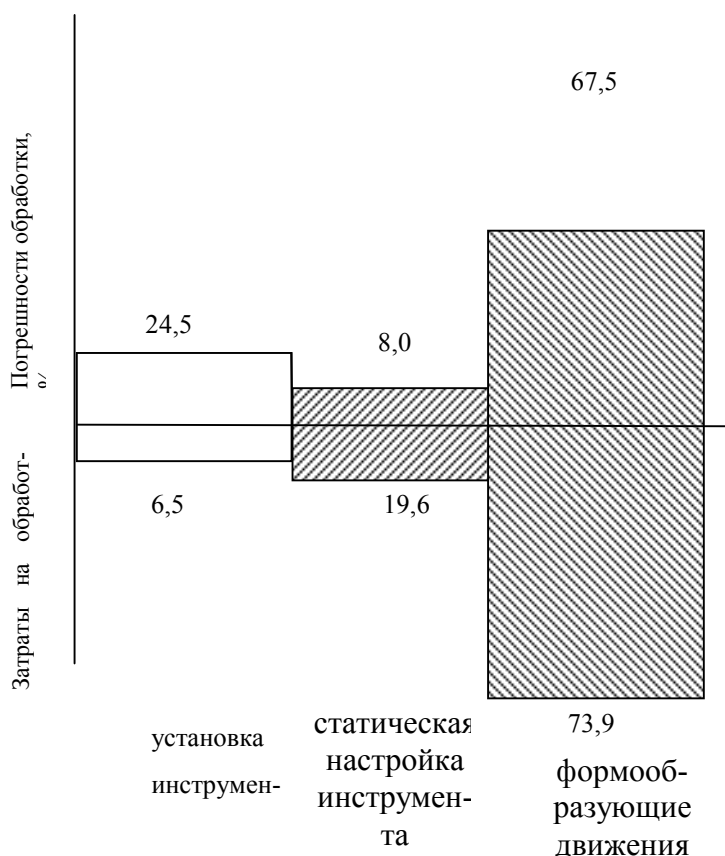


Рисунок. Пример ФСД

Анализ целевой функции $F(S, n)$ показал, что возможно появление различных сочетаний частот вращений шпинделя n и подач S , при которых она будет минимальной/

В связи с инвариантностью определения минимума себестоимости обработки необходимо наложить ограничения на сочетание режимов резания. Ограничения выражаются в виде неравенств:

$$\begin{aligned} n^{n_1} S^{y_1} &\leq R_1 \\ n^{n_2} S^{y_2} &\leq R_2 \\ n^{n_3} S^{y_3} &\leq R_3 \\ n^{k_1} S^{k_2} &\leq R_4 \end{aligned} \quad , \quad (2)$$

где R_i – некоторые постоянные, зависящие от характеристик станка, заготовки, инструмента, но не зависящие от элементов режима резания S, n .

Для оптимизации режимов обработки по всем значениям S и n могут быть использованы разные подходы. Для дискретных значений v и s наиболее простой способ решения такой задачи на ЭВМ – метод перебора всех значений v_i, s_j из множества v_1, v_2, \dots, v_n и s_1, s_2, \dots, s_m . Для не дискретных – метод статических испытаний.

На основе данного алгоритма разработана программа на языке Mathcad 7.0 и реализован процесс многокритериальной оптимизации режимов механической обработки корпусной детали в условиях программно – комбинированной операции на ЭВМ класса Pentium 3.

ИЗМЕНЕНИЕ РАЗМЕРОВ ОТВЕРСТИЙ ТОНКОСТЕННЫХ ВТУЛОК В ПРЕССОВЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

Зюбина О.А. – аспирант
Роговой В.М. – научный руководитель

В дизелестроении широкое применение имеют прессовые соединения типа «корпус-втулка». Важным эксплуатационным требованием, предъявляемым к прессовым соединениям, является их контактная прочность, которая иногда бывает недостаточной в соединениях с тонкостенной втулкой, что обусловлено малой жесткостью последней.

Функциональные свойства изделий в значительной степени определяются отклонениями формы поверхностей деталей. Величина этих отклонений оказывает большое влияние на работу высокоточных узлов трения типа подшипников скольжения, а также направляющих и кондукторных втулок. Установлено, что отклонения профиля продольного и поперечного сечений рабочих поверхностей подшипника вызывают появление циклических нагрузок и увеличение радиального биения шпинделя или вала в опоре, приводят к перераспределению нагрузки по длине поверхности трения и к снижению несущей способности и долговечности подшипника. Показатели качества внутренней поверхности запрессованной втулки (отклонения формы, напряженное состояние и др.) определяются всем технологическим процессом изготовления детали. В процессе сборки прессового соединения эти показатели могут изменяться в зависимости от используемого метода сборки, что непосредственно скажется на эксплуатационной надежности изделия.

Определение сборочных погрешностей необходимо для правильного выбора метода сборки прессового соединения в зависимости от его функционального назначения, а также для установления оптимальных зазоров в узлах трения, величина которых для прецизионных сопряжений предусматривается в пределах 4-12 мкм. Даже у идеально изготовленной втулки в процессе запрессовки возникают отклонения профиля продольного сечения, что связано с конструкцией узла и с силовыми факторами, которые характеризуют используемый метод сборки.

Сравнительный анализ влияния методов сборки на деформированное состояние тонкостенной втулки проводился для соединений, собранных с использованием охлаждения втулки (поперечно-прессовое соединение) и с применением усилия пресса (продольно-прессовое соединение).

Предварительные исследования показали, что для оценки деформаций цилиндрических втулок с высокой степенью можно использовать моментную теорию осесимметричных цилиндрических оболочек в общепринятой постановке.

При выводе расчетных зависимостей, характеризующих радиальные перемещения внутренней поверхности втулки, было принято, что втулка и корпус выполнены идеально точно, материал втулки – изотропный, однородный и подчиняется закону Гука, нагрузка осесимметричная, перемещения точек малы по сравнению с толщиной втулки, корпус абсолютно жесткий. Если наибольшую допустимую погрешность расчетов принять равной 5%, то к

тонкостенным можно отнести втулки с отношением толщины h стенки к радиусу $R_{\text{ср}}$ срединной поверхности не более 0,05; для прецизионных втулок это отношение колеблется в диапазоне $h = (0,08 \dots 0,25)R_{\text{ср}}$. Расчет тонкостенных оболочек по обычным формулам приведет к значительным погрешностям, поэтому в основу теоретических исследований положен метод, согласно которому все внешние и внутренние силовые факторы, приложенные к наружной или внутренней поверхности втулки, приведены к ее срединной поверхности.

Приведенный анализ и расчеты показали, что радиальные перемещения оболочки в продольно-прессовом соединении больше, чем в поперечно-прессовом.

Эксперименты проводили со втулками из бронзы Бр.ОЦС 5-5-5, которые запрессовывались в корпуса, изготовленные из стали 45. Отклонения формы поверхностей деталей регламентировались одной третью поля допуска на размер; номинальный диаметр сопряжения был выбран равным 68 мм; натяги в соединениях назначались в пределах 12-50 мкм и обеспечивались сортировкой деталей. Все образцы были тщательно проверены по основным точностным параметрам. Отклонения профиля продольного сечения отверстия запрессованной втулки записывались на кругломере «Талиронд-2». В результате экспериментов было установлено, что втулка в процессе сборки деформируется неравномерно. Деформация втулки зависит от используемого метода сборки, величины натяга, конструктивного оформления соединения, первоначальных погрешностей поверхностей собираемых деталей и их жесткости.

На основе полученных данных были построены профилограммы образующих отверстия втулок после сборки различными методами, экспериментальные и теоретические кривые для исследуемых методов сборки.

Основываясь на полученных данных, был сделан вывод о том, что используемая методика расчета может быть применена на этапе проектирования высокоточных прессовых соединений типа «тонкостенная втулка-корпус» для предварительной оценки отклонений профиля продольного сечения отверстия запрессованной втулки, а также для выбора метода сборки таких соединений с учетом их функционального назначения.

УПРОЧНЕНИЕ ПРЕССОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ

Зюбина О.А. - аспирант

Роговой В.М. - научный руководитель

Внутренние напряжения после ППД оказывают большое влияние на остаточные деформации и прочность соединений. Исследован метод упрочнения прессовых соединений «втулка-корпус» за счет упругой деформации от распределения внутренних напряжений в охватываемой детали. Для этой цели наружная поверхность втулки обкатывалась, затем запрессовывалась в корпус, и производилось растачивание отверстия втулки. Вместе с удаленным слоем металла с поверхности отверстия втулки частично снимаются остаточные напряжения за счет освобождения сжимающих остаточных напряжений на наружной поверхности втулки. Вследствие этого наружный диаметр увеличивается, повышая прочность посадки.

Проведены эксперименты на образцах из бронзы Бр.О5-Ц5-С5, НВ60 и из стали Ст.40Х, НВ241.

Для изготовления образцов втулок бронзовая и стальная трубы накатывались по наружному диаметру с усилием $P=90\text{кг}$, что обеспечивало степень деформации 5%, гарантировало идентичность качества обработки и размеров наружного диаметра всех образцов: $d=57_{-0,05}\text{мм}$, $d=48_{+0,01}\text{мм}$. Затем трубы разрезались на кольца с измерением d_0 и d_1 , растачивались по d_0 с измерением d_1 микрометром с ценой деления 1 мкм. Данные эксперимента интерпретированы в график, по которому можно проследить за изменением наружного диаметра колец в зависимости от глубины растачивания. У образцов, изготовленных из материала с большим начальным пределом упругости, увеличение d_1 происходит более интенсивно. Од-

нако имеется критическая величина глубины растачивания, выше которой деформация по d_1 замедляется, а при дальнейшем растачивании стабилизируется.

На основании результатов экспериментов разработана технология упрочнения прессового соединения «бронзовая втулка - шатун». Перед запрессовкой втулка редуцируется с минимальным натягом 0,25 мм, что обеспечивает степень деформации 5%. Затем втулка запрессовывается в отверстие малой головки шатуна (Ст.40Х, НВ229...241, $R=0,62$ мкм) с натягом 0,06...0,1 мм и растачивается с глубиной резания 0,5 мм.

Приведенные измерения усилий распрессовки P показали, что редуцированные втулки имеют величины P в 1,17...1,21 раза выше, чем без редуцирования.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В РАБОЧЕМ ЗАЗОРЕ ПРИ МАГНИТНОАБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ

Иконников А.М. – аспирант
Леонов С.Л. – научный руководитель

Для изучения магнитного поля в рабочем зазоре разработана имитационная модель процесса магнитно-абразивной обработки. Расчет основан на методе конечных элементов.

Смоделировано два случая магнитно-абразивной обработки сложнопрофильных поверхностей из ферромагнитных и немагнитных материалов. При моделировании использовались магниты из материалов $SmCo_5$ и $BaO \cdot 5Fe_2 \cdot O_3$. Для упрочения расчетов сложнопрофильная поверхность представлена как криволинейная.

При обработке ферромагнитных материалов плотность основного магнитного потока в рабочем зазоре под полюсами оказывается значительно выше плотности потоков рассеивания, благодаря высокой магнитной проводимости участков на пути прохождения. Большая плотность силовых линий на полученной схеме поля означают большую магнитную индукцию в данной точке пространства рабочего зазора. Поле на протяжении полюса, исключая участки углов – концентраторов, равномерно, а потоки, минуя заготовку, перетекающие с одного полюса на другой, внутри рабочего зазора отсутствуют. Магнитно-абразивный порошок концентрируется в зонах с наибольшей плотностью магнитного потока – под полюсами индуктора.

При обработке немагнитных материалов основные магнитные потоки проходят от одного полюса индуктора к другому преимущественно вдоль рабочего зазора под магнитом, концентрируясь у боковых кромок стальных магнитопроводов. Из-за этого расположение магнитно-абразивного порошка в рабочем зазоре оказывается иным, чем при обработке магнитных заготовок, порошок концентрируется под магнитами, а не под полюсами.

Анализ результатов во время моделирования процесса обработки можно сделать следующие выводы. Давление порошка на поверхность зависит от магнитных свойств обрабатываемой поверхности, и с улучшением магнитных свойств (с ростом магнитной проницаемости) заготовки давление возрастает. На давление порошка значительно влияет профиль детали. Это связано с тем, что магниты и магнитопроводы при копировании профиля смешаются относительно друг друга и вследствие этого уменьшается площадь их соприкосновения, что приводит к уменьшению напряженности магнитных потоков, от которых зависит давление порошка. Поэтому рекомендуется использовать магниты и магнитопроводы высотой в два раза больше чем перепад профиля поверхности. Дальнейшее увеличение высоты магнитов и магнитопроводов экономически невыгодно а уменьшение высоты не позволит создать требуемого значения напряженности магнитных потоков при обработке немагнитных материалов. Для создания магнитного поля в индукторе рекомендуется использовать магниты из материала $SmCo_5$ так как они обладают лучшими магнитными качествами по сравнению с магнитами из материала $BaO \cdot 5Fe_2 \cdot O_3$.

От величины рабочего зазора зависят условия, необходимых для протекания процесса магнитно-абразивной обработки. При больших значениях рабочего зазора технически трудно создать достаточную магнитную индукцию в зазоре вследствие увеличивающегося магнитного сопротивления зазора. При этом увеличиваются магнитные потоки рассеивания, снижается величина основного потока, давлений в рабочем зазоре. Однако увеличение рабочего зазора позволяет разместить в зазоре большую порцию порошка и тем самым увеличить время работы одной порции порошка. При маленьких рабочих зазорах невозможно будет создать необходимое осциллирующее движение индуктора, что снижает производительность процесса обработки.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Иконников А.М. – аспирант
Фёдоров В.А. – старший преподаватель
Хоменко В.А. – научный руководитель

Для магнитно-абразивной обработки сложнопрофильных поверхностей применяются индукторы с фасонной рабочей поверхностью, что часто делает применение механической обработки экономически нецелесообразной, так как трудоёмкость изготовления специальных индукторов для обработки различных сложнопрофильных поверхностей слишком высока. При изготовлении магнитов фасонной формы применяют низкопроизводительные копировальные электроискровые станки, при этом часть дорогостоящего материала магнита уходит в отходы.

Применение метода морфологического анализа и синтеза позволило разработать новую конструкцию приспособления для магнитно-абразивной обработки, отвечающую признакам патентной чистоты. Разработанная конструкция универсального индуктора для магнитно-абразивной обработки значительно расширяет технологические возможности такого рода устройств, позволяет обрабатывать детали, имеющие фасонные поверхности не только с прямолинейной образующей, но и сложные поверхности, описываемые непрерывными функциями, обеспечивает оперативность переналадки при смене профиля детали.

Для достижения указанного технологического результата в корпусе устройства для магнитно-абразивной обработки размещён магнитный индуктор, установленный с возможностью осцилляции внутри магнитной головки, в которую помещены верхний с механизмом перемещения и нижний блоки из ряда поочередно расположенных вертикальных магнитов и магнитопроводов. Последние расположены в шахматном порядке рядами и подпружинены относительно монолитной части верхнего блока с возможностью фиксации каждого ряда в нижнем блоке магнитного индуктора.

Расширение технологических возможностей устройства для магнитно-абразивной обработки и обеспечение оперативности переналадки осуществляется за счет того, что магниты и магнитопроводы расположены в шахматном порядке рядами и подпружинены относительно монолитной части верхнего блока с возможностью фиксации каждого ряда в нижнем блоке магнитного индуктора. Благодаря чему рабочая поверхность индуктора способна принимать форму эквидистантную сложной форме обрабатываемой фасонной поверхности.

Настройка устройства производится следующим образом. Рабочая поверхность индуктора подводится к обрабатываемой поверхности до касания. Винты, удерживающие каждый ряд магнитов и магнитопроводов, выкручиваются на один-два оборота, ослабляя тем самым крепление каждого магнита и магнитопровода, прижимаемых под действием пружин к поверхности детали. После этого винты снова закручиваются, фиксируя ряды магнитов и магнитопроводов. Индуктор со сформированной рабочей поверхностью, эквидистантной обрабатываемой, отводится от неё на расстояние, достаточное для введения абразивного порош-

ка. После введения абразива устанавливается рабочий зазор, величина которого рассчитывается с учётом размеров абразивных зёрен, сложности и глубины профиля обрабатываемой поверхности, а также рассчитанной величины осцилляции. Для оптимального протекания процесса магнитно-абразивной обработки с применением описанного устройства, необходимо, чтобы минимальное расстояние от индуктора до полируемой поверхности составляло не менее удвоенного максимального размера зёрен выбранной фракции магнитно-абразивного порошка.

ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

Кивушкина М.Н. – магистрант гр. МТАП-72
Марков А.М. – научный руководитель

Проектирование режимов резания является составной частью технологической подготовки производства и учитывает особенности реализации технологического процесса.

Для назначения режимов резания в настоящее время применяются нормативный расчет и расчет по эмпирическим зависимостям.

В нормативах скорость резания линейно зависима:

$$v = v_T K_{v1} K_{v2} K_{v3} K_{v4} K_{v5} K_{v6} K_{v7}, \text{ где}$$

v_T - табличное значение скорости,

$K_{v1} \dots K_{v7}$ - поправочные коэффициенты.

В справочнике технолога-машиностроителя формула скорости имеет вид степенной функции и вычисление по ней является более точным:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v,$$

где C_v и T, x, \dots, p - являются табличными значениями, K_v - поправочный коэффициент, t - глубина фрезерования, S_z - подача, B - ширина фрезерования.

При этом вне зависимости от применяемых методик исходными данными для расчета являются: физико-механические свойства заготовки, конструктивно-геометрические параметры инструмента, особенности станка.

Анализ исходных данных показал, что они могут иметь переменные значения. Например, при изменении периода стойкости от 100 до 200 и твердости от 182 до 275 скорость должна быть уменьшена в 2,5 раза.

Без наличия информации о возможных колебаниях размера припуска, физико-механических свойств инструментального и обрабатываемого материалов, статических и динамических характеристик применяемого оборудования и других случайных факторов производства практически невозможно обеспечить стабильность протекания процесса и качество обработанных деталей.

Это осложняет процесс оптимизации и затрудняет поиск единственного решения, что вызывает необходимость разработки методики оптимизации режимов резания, учитывающей колебания исходных данных.

ПОВЫШЕНИЕ ЭСТЕТИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА – ВАЖНОЕ УСЛОВИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Кряжев Д.Ю. – студент гр. ТМ-03
Даниленко Б.Д., Кряжев Ю.А. – научные руководители

Зарубежные фирмы, выпускающие режущий и вспомогательный инструмент традиционно имеют высокий уровень технической эстетики, что значительно повышает их конкурентоспособность по сравнению с отечественными изделиями инструментальной промышленности.

Режущий и вспомогательный инструмент, соответствующий более высокому уровню эстетики пользуется лучшим спросом и обеспечивает высокие эксплуатационные свойства. Это объясняется тем, что при работе с таким инструментом с психологической точки зрения обеспечивается более внимательное отношение к нему, повышается производительность труда, так как рабочий получает удовольствие от работы с таким инструментом. Высокие эстетические качества режущего и вспомогательного инструмента предполагают, что он должен обладать конструкторско-технологическим совершенством, удобством и безопасностью при эксплуатации, хорошими экономическими показателями, красивым внешним видом. Поэтому при создании новых видов режущего и вспомогательного инструмента должны участвовать не только инженер-конструктор, но и инженер-экономист, дизайнер.

Для достижения высоких требований к технической эстетике при проектировании и изготовлении режущего и вспомогательного инструмента в задачи инженера-конструктора входит обеспечить: 1. простоту сборки инструмента, если его конструкция состоит из нескольких отдельных элементов; 2. технологичность отдельных элементов конструкции инструмента; 3. удобство транспортировки и хранения.

В задачи инженера-экономиста входит обеспечение минимальной себестоимости оснастки и минимизации эксплуатационных расходов при работе инструмента. При выполнении этих требований необходимо, в частности, уменьшить: 1. использование дорогих и дефицитных материалов; 2. квалификацию рабочих, дорогих инструментов, оборудования и вспомогательных материалов при производстве оснастки; 3. эксплуатационные расходы.

В задачи дизайнера входит обеспечение эстетических требований к внешнему виду изделия: 1. использовать декоративные и износостойкие покрытия; 2. определить габаритные размеры и пространственные формы; 3. правильно сочетать фасонные элементы на основных поверхностях, цветовое оформление, основные надписи и обозначения.

В настоящее время отечественная инструментальная промышленность не может позволить себе реальное и активное участие указанных специалистов в создании новых конструкций инструмента, поэтому необходимо повысить уровень эстетической подготовки инженеров, способных проектировать, изготавливать и эксплуатировать отечественное оборудование и инструменты, отвечающие высоким эстетическим требованиям мирового уровня.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СБОРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВЕРОЯТНОСТНЫХ РАСЧЕТОВ В КОМПЕНСАЦИОННЫХ МЕТОДАХ

Ларионова Н.В. – магистрант гр. МТАП-72
Панов А.А. – научный руководитель

Сборочный процесс является заключительным этапом создания любой машины. От того, насколько точно выдержан размер замыкающего звена, во многом зависит, будет ли машина в целом качественно выполнять свое служебное назначение.

В настоящее время в сборочных процессах при компенсационных методах обеспечения точности замыкающего звена, таких как пригонка и регулирование, для расчета величины компенсации используется метод максимума-минимума. Для расчета величины компенсации, поправки к координате середины поля допуска компенсирующего звена, а также и возможных предельных значений замыкающего звена могут быть использованы и теоретико-вероятностные расчеты, аналогичные тем, которые применимы при методе неполной взаимозаменяемости.

Для метода селективной сборки применение вероятностных расчетов дает возможность увеличения средней величины допуска составляющих звеньев для многозвенной цепи, что в свою очередь приведет к уменьшению числа сортировочных групп и, как следствие, к некоторому упрощению процесса сборки в целом. А то, что внутри каждой группы точность размера будет достигаться методом неполной взаимозаменяемости, приведет к тому, что только у крайне малого процента изделий размер замыкающего звена выйдет за пределы допуска.

Для метода пригонки применение вероятностного расчета позволит существенно снизить расход материала на изготовление детали-компенсатора, так как допуск будет расширен, а размер соответственно уменьшен. Так как по известному положению теории вероятности возможное сочетание крайних значений размеров всех составляющих звеньев встречается несравнимо реже, чем средних значений, то погрешность остается некомпенсированной только в крайне малом проценте изделий.

При методе регулирования, также исходя из положения теории вероятности, необходимость в компенсаторах крайних размеров отпадает с очень малой вероятностью их возможной необходимости.

В целом можно заключить, что применение на практике вышеизложенного может привести к существенной экономии вследствие сокращения расхода материала, а также от изготовления деталей с расширенными допусками.

ФОРМИРОВАНИЕ РАЗМЕРНЫХ СВЯЗЕЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ВАЛОВ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Неверова Е.Б. – магистрант гр. МТАП–82
Балашов А.В. – научный руководитель

В автоматизированном процессе изготовления детали все размеры детали, достигаемые в результате обработки, должны получаться автоматически. Получаемый в результате операции размер детали называют *операционным*. Операционный размер образуется как замыкающее звено технологической размерной цепи в технологической системе, настроенной на получение этого размера. Все операционные размеры деталей получаемые на токарных операциях технологического процесса, можно разделить на несколько видов, которые различаются структурами операционных размерных цепей, а следовательно, и составляющими звеньями.

Рассмотрим отдельные виды операционных размерных связей и соответствующие им виды операционных размеров детали, получаемых на токарных станках с ЧПУ. Во всех случаях операционные размеры при автоматической обработке должны обеспечиваться либо методом полной взаимозаменяемости на настроенном оборудовании, либо методом регулирования.

1. Размеры, получаемые мерным инструментом. Эти размеры получают в основном методом копирования как размеры замкнутых поверхностей. Примером является получение диаметров отверстий при сверлении, зенкерования, развертывании. Получаемый диаметр отверстия детали в основном зависит от диаметра соответствующего инструмента, которым осуществлялась обработка, если не принимать во внимание динамические погрешности, вызываемые биением шпинделя, а также упругую деформацию заготовки.

2. Размеры детали, получаемые от обработанных поверхностей до технологических баз. На точность размеров этого типа влияют точность установки заготовки и инструмента, точность настройки «нуля» станка, коррекция, вводимая при настройке станка.
3. Размеры детали, получаемые между поверхностями, обработанными за один установ. Точность размеров этого типа складывается из суммы размеров 2 типа, получаемых на разных переходах.
4. Размеры детали, получаемые от измерительных баз. Для размеров этого типа характерно то, что они зависят от точности установки заготовки и инструмента, точности динамической настройки станка, точности позиционирования стола станка и точности измерения.

Выделенные особенности формирования размеров позволяют перейти от требований, предъявляемых к точности размеров, подлежащих изготовлению на токарных станках с ЧПУ, к средствам, на которые должно быть возложено получение требуемых размеров с заданной точностью.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ НЕЖЁСТКИХ ВАЛОВ

Попов Д.С. – магистрант гр. МТАП-72
Татаркин Е.Ю. - научный руководитель

Развитие технических систем различных классов характеризуется такими устойчивыми тенденциями, как снижение их материалоёмкости, расширение номенклатуры, сокращение сроков разработки и внедрения, постоянно возрастающими требованиями к производительности и качеству.

Важнейшим фактором, определяющим качество механизмов и машин, является точность изготовления деталей. Достижение точности размеров в настоящее время вследствие использования приборов активного контроля не представляет существенных трудностей. Более актуальным является стабильное обеспечение отклонений формы, взаимного расположения и волнистости поверхностей. К таким погрешностям относятся: эксцентриситет и радиальное биение, отклонение от круглости и цилиндричности, волнистость. Их величина для цилиндрических деталей, на которые приходится до 50% от общей номенклатуры, может составлять 16 – 60% от общего допуска. Вышеперечисленные отклонения формы, взаимного расположения и волнистость поверхностей отдельных деталей во многом определяют их важнейшие эксплуатационные свойства: усталостная прочность, виброустойчивость, точность подвижных соединений, износостойкость и т.п.

Возникают проблемы и при снижении массогабаритных характеристик и увеличении долговечности машин. Уменьшение массы деталей, как правило, сопровождается уменьшением их жёсткости и ухудшением демпфирующих свойств (нежёсткие детали). Это приводит к возрастанию упругих отжати и вибраций во время их механической обработки. Для достижения требуемой точности в таких случаях занижают режимы резания, увеличивают количество операций технологического процесса, что приводит к снижению технико-экономических показателей процесса обработки.

Увеличение жесткости системы станок – приспособление – инструмент - деталь (СПИД) является одним из средств сокращения части погрешности динамической настройки ω_d и увеличения производительности обработки. Основными путями повышения жёсткости систем СПИД являются:

1. Создание жесткой конструкции и изменение размеров элементов технологической системы СПИД. Повышение жесткости отдельных звеньев технологической системы может быть достигнуто уменьшением длин вылетов валов, увеличением их диаметров, применением высокопрочных материалов.

2. Уменьшение общего числа звеньев технологической системы СПИД, т.е. использование принципа наикратчайшего пути. Так как, податливость технологической системы определяется суммой податливостей входящих в нее звеньев, то уменьшение числа звеньев уменьшает податливость и повышает жесткость системы СПИД.
3. Повышение качества механической обработки деталей, особенно качества обработки поверхности стыков. Величина сближения двух стыковых поверхностей при воздействии определенной внешней нагрузки характеризует жесткость стыков. Очевидно, что с уменьшением шероховатости и волнистости поверхностей жесткость стыков возрастает.
4. Повышение качества сборки..
5. Правильный режим эксплуатации станков. Жесткость элементов технологической системы СПИД является переменной величиной, зависящей от ряда факторов, связанных с условиями ее эксплуатации (рабочая температура, количество и состояние смазки, характер приложения нагрузки и т.п.).

Для получения наивысшей точности обработки требуются совершенно стабильные условия эксплуатации, при которых жесткость системы СПИД остается постоянной и достигает наибольшей величины.

ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ НЕЖЁСТКИХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ПЛОСКОМ ШЛИФОВАНИИ

Симонов К.Г. – магистрант гр. МТАП–82
Татаркин Е.Ю. – научный руководитель

В общем комплексе решаемых технических задач по повышению точности изделий особо стоит проблема технологии обработки нежестких деталей и обеспечения их надёжности и долговечности технологическими методами.

К нежестким деталям, обрабатываемым плоским шлифованием, можно отнести шатуны, брусья, стойки, пластины, некоторые детали широко применяемые в приборостроении и т.д.

Жесткость, как известно, характеризуется возможностью сопротивления детали в пределах упругой деформации действию внешних нагрузок с восстановлением своей первоначальной формы после их снятия. Различают очень жесткие (массивные), жесткие, средней жесткости, малой жесткости и тонкостенные детали. Жесткость системы станок-приспособление – инструмент – деталь (СПИД) для заготовок с плоскими поверхностями определяется жесткостью станка и способом крепления.

Одна из основных сложностей при обработке нежестких деталей заключается в том, что они склонны к упругим деформациям. Предпочтительно применять процессы, позволяющие создавать равномерно распределённые усилия со стороны инструмента на обрабатываемую поверхность.

Технологическая оснастка играет важнейшую роль в обеспечении точности и производительности обработки нежестких деталей, следует использовать схемы базирования и крепления с минимальными равномерно распределёнными силами по поверхности заготовок при наименьшей её податливости во время обработки. Эту функцию успешно выполняют электрические приспособления.

Увеличение площади и толщины опорных элементов оснастки с максимально возможной теплопроводностью создаёт условия интенсивного теплоотвода при обработке в тех случаях, когда происходит значительное тепловыделение. Это отрицательно скажется на жесткости системы СПИД и приведёт к увеличению погрешности обработки.

Вполне очевидно, что помимо интенсивного теплоотвода и систем базирования и крепления отрицательно на жесткость системы оказывают влияние геометрические параметры шлифовального круга, частота вращения шпинделя и автоколебания станка.

В связи с этим, необходимо использовать системы, позволяющие управлять точностью механической обработки. Это позволит повысить производительность процесса шлифования и уменьшит погрешность обработки.

ВЫБОР ПАРАМЕТРА НЕПОСРЕДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ ТОЧНОСТИ ФОРМЫ ПОРШНЕВОГО КОЛЬЦА

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

Панов А. А. – научный руководитель

Общепринятым параметром соответствия кольца его служебному назначению является эпюра радиальных давлений. Как эпюра давлений готового кольца, так и некий ее прообраз на промежуточной стадии изготовления, вполне однозначно связаны с геометрическими размерами кольца и свойствами материала. Под свойствами материала понимаются модуль упругости I рода E , его зависимость от напряжений, закон изменения в партии колец и в пределах одного кольца. К геометрическим размерам относится номинальный диаметр цилиндра, для которого предназначено кольцо, форма в свободном состоянии, размеры сечения. Полагая постоянным модуль упругости и пренебрегая влиянием отклонений размеров сечения, можно считать однозначной связь между эпюрой давлений и формой наружной поверхности кольца в свободном состоянии. Как показали исследования, данные допущения являются вполне обоснованными.

Форма наружной поверхности может быть однозначно задана через радиус-вектор контура кольца в различных точках либо через радиус кривизны контура кольца в точках. Исходя из однозначности связи между параметрами, теоретически безразлично, какой из них контролировать. Выбор, очевидно, должен быть сделан исходя из сравнительной сложности реализации методов и средств контроля параметров, а также с учетом сложности перехода от контролируемого параметра к эпюре давления.

Непосредственный контроль эпюры давлений достаточно сложен и неприменим для операционного контроля. Кроме того, при изготовлении колец происходит непосредственное изменение значений геометрических параметров, и их контроль с этой точки зрения предпочтительнее.

Методы контроля радиус-вектора разнообразны, но принципиально сводятся к следующему: измеряется расстояние от точки отсчета до точек профиля. Данные замеров могут быть представлены либо в виде таблицы, либо (при автоматической регистрации и записи) в виде графика $r=f(\varphi)$, например, на кругломерах.

Анализ областей применения методов контроля радиуса кривизны показал, что для контроля радиуса кривизны наружной поверхности поршневого кольца применимы лишь механические контактные методы. Все средства измерения данной группы основаны на едином принципе измерения стрелы прогиба сегмента контролируемой дуги.

Сравнительный анализ возможностей контроля и сложности перехода к конечному параметру качества (эпюре нормального давления) позволил сделать вывод о целесообразности выбора радиуса кривизны в качестве параметра непосредственного контроля точности формы кольца. Метод контроля – измерение стрелы прогиба сегмента контролируемой дуги, известный иначе как метод трех точек.

ТОЧНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО СЛОЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ

Скляров А.А.- магистрант гр. МТАП-82

Марков А.М.- научный руководитель

Всё многообразие деталей машиностроения представляет собой стандартные или близкие к ним поверхности в виде цилиндров, конусов, параллелепипедов и т.д. Однако в промышленности существует относительно небольшое количество деталей, имеющих нестандартную форму, довольно сложные поверхности, выполняющие весьма ответственное назначение: детали фюзеляжа самолёта, корпуса автомобилей, лопатки турбин и т.д. Слож-

ность геометрических форм и высокая точность изделий и составляющих их деталей значительно влияет на КПД машины. Изготовление подобных изделий представляет одну из труднейших задач современной технологии металлообработки. Повышение качества изделий неразрывно связано с повышением точности механической обработки, которая определяется величиной допуска на её изготовление. Направление допуска совпадает с нормалью в каждой точке поверхности. Точность обработки считается обеспеченной в том случае, если в любой точке обработанной поверхности выполняется условие:

$$\Delta_{\Sigma} < T,$$

где Δ_{Σ} – величина суммарной погрешности обработки.

Однако задание требований к точности обработки сложных поверхностей только величиной допуска T – недостаточно. Это объясняется тем, что требования к точности обработки сложной поверхности в направлении осей x, y, z станка изменяются в каждой точке поверхности в соответствии с её геометрической формой.

Суммарная погрешность обработки складывается из элементарных погрешностей, при фрезеровании это: погрешности, возникающие при подготовке и преобразовании управляющей программы; погрешности, вызываемые геометрической неточностью изготовления и сборки станка; тепловые деформации звеньев технологической системы; упругие деформации технологической системы; погрешности, обуславливаемые относительными выбросами базовых поверхностей инструмента и заготовки; погрешности возникающие вследствие износа инструмента.

Повышение точности обработки в данных условиях при одновременном повышении производительности процесса объемного фрезерования, возможно путём совершенствования существующих и создания качественно новых способов управления процессом резания.

ОБЗОР ОСНОВНЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ КЛАССА НЕЖЕСТКИХ ВАЛОВ

Ульянов Д.В. – аспирант

Татаркин Е.Ю. – научный руководитель

Способы обработки маложестких деталей направлены прямо или косвенно увеличить жесткость деталей, что уменьшает погрешности формы и диаметральных размеров, снижает шероховатость их поверхности.

Растяжение заготовки в пределах текучести металла широко используется в обработке нежестких деталей, выступая в роли как основного так и вспомогательного метода повышения жесткости. Для большей точности обработки растяжение детали регулируется в зависимости от ее деформации.

Термическая обработка как правило происходит с закреплением в оправке с коэффициентом линейного расширения отличным от материала заготовки и нагрев до низкого отпуска с целью снижения термодформационных искажений и увеличения хрупкости, часто вместе с заготовкой.

Уравновешивание силы резания можно добиться введением в процесс резания оппозитного положения режущего инструмента или ролика, что исключает прогиб под действием радиальной составляющей P_y силы резания и исключает условие возникновения кружильных автоколебаний.

Создание изгибающего момента противодействующий вызываемому резцом изгибающего момента с определением положения режущего инструмента относительно детали.

Существуют способы обработки, где прикладывают тормозной момент к заготовке без возможности осевого смещения в патронах передней и задней бабок станка. Заготовками для деталей служат обычно прокат и поковка, имеющие структуру в виде волокон, ориентированных вдоль оси. Поэтому закручивание волокон вокруг оси сопровождается их упругим

смещением в осевом направлении, что приводит к уменьшению длины и возрастанию жесткости детали в радиальном направлении.

Дальнейшее увеличение точностных характеристик обработки нежестких деталей возможно лишь при использовании адаптивных систем управления, что наиболее удобно будет организовать на базе станков с ЧПУ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ УЗЛА КРЕПЛЕНИЯ В ТОНКОЛИСТОВОМ МАТЕРИАЛЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Хоменко В.В. - аспирант

Татаркин Е.Ю., Роговой В.М. - научные руководители

Технологический процесс формообразования узла крепления в тонколистовом материале, разработанный на базе исследований метода пластического сверления, прошел апробацию и внедрен на предприятии ООО «Алтайдизель» (г. Барнаул) при изготовлении корпуса муфты сцепления двигателя А-41.

Целью работы явилось снижение себестоимости изготовления детали за счет замены операции сборки шести узлов крепления, выполняемой с помощью сварки резьбовых втулок М12 с корпусом муфты, операций формообразования узла крепления методом пластического сверления с последующим нарезанием резьбы.

Для осуществления поставленной задачи были спроектированы инструмент, технологический процесс сверления и приспособление для закрепления детали. Обрабатываемый материал – сталь 08КП толщиной 4,5 мм. Сверление проводили на фрезерном станке модели 676П с режимами обработки $n=1655$ об/мин, $S=42$ мм/мин, время обработки одного отверстия составило 20 сек. Нарезание резьбы производили непосредственно в корпусе муфты сцепления. Экономический эффект, обусловленный снижением себестоимости изготовления узла крепления, составил 10000 руб.

По результатам внедрения принято решение об изготовлении комбинированного инструмента пуансон-метчик для безотходной обработки резьбовых втулок (подана заявка на патент) и о модернизации агрегатного вертикально – сверлильного станка с многошпиндельной головкой и 4-х местным зажимным приспособлением. Осуществление указанных мероприятий позволит повысить производительность обработки, снизить себестоимость изготовления узлов и обеспечить высокое качество изготовления узлов крепления в тонкостенной детали.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ УЗЛОВ КРЕПЛЕНИЯ В ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЯХ В ПРОЦЕССЕ ПЛАСТИЧЕСКОГО СВЕРЛЕНИЯ

Хоменко В.В. - аспирант

Леонов Г.Н. – научный руководитель

Для изучения процесса формообразования узла крепления в тонкостенной детали, является необходимым рассмотрение его геометрической модели. Процесс формообразования представлен несколькими этапами взаимодействия сверла с заготовкой.

Для определения размеров образовавшегося узла крепления составлена его геометрическая модель, которая была разделена на отдельные части. Исходя из постоянства объема металла, вытесненного инструментом из поперечного сечения стенки заготовки и идущего на формирование верхней и нижней частей узла крепления, а также пренебрегая объемом поверхности - упрочненного металла, определяем высоту каждой из частей и толщину стенки узла крепления образованного в тонкостенной детали.

$$H_1 = \frac{2}{3} \frac{H}{\left(\frac{R_6}{r_u}\right)^2 + \frac{R_6}{r_u} - 2}; \quad (1) \quad H_2 = H \left[1 + \frac{4}{3} \frac{1}{\left(\frac{R_6}{r_u}\right)^2 + \frac{R_6}{r_u} - 2} \right]; \quad (2)$$

где H – толщина листа заготовки; R_6 – радиус зоны влияния; r_u – радиус инструмента.

В случае формообразования узла крепления в тонкостенной детали в виде полого цилиндра с толщиной стенки Δ , выражения (1) и (2) примут вид:

$$H_1 = \frac{H}{\left(\frac{\Delta}{r_u}\right)^2 \left(2 + \frac{\Delta}{r_u}\right)} \frac{K}{1+K}; \quad (3) \quad H_2 = \frac{H}{\left(\frac{\Delta}{r_u}\right) \left(2 + \frac{\Delta}{r_u}\right)} \frac{1}{1+K}; \quad (4) \quad \text{где } K = \frac{H_1}{H_2};$$

С помощью выражений (1), (2), (3), (4) можно определить высоту и толщину стенки узла крепления формообразованного в тонкостенной детали.

Процесс взаимодействия инструмента с заготовкой при формообразовании узлов крепления в тонкостенных деталях характеризуется интенсивным теплообразованием в зоне контакта за счет сил трения, возникающих при движении инструмента. Постоянно меняющиеся условия работы инструмента и сложность учёта тепловых потоков, идущих в заготовку, инструмент и окружающую среду создают значительные трудности при расчете технологических параметров режима процесса формообразования узлов крепления в тонкостенных деталях. Поэтому при аналитических расчетах технологических параметров режимов формообразования узлов крепления использовали средние величины физических величин. С учетом работы сил трения и теплоты, затрачиваемой на нагрев металла и инструмента, было получено выражение для определения средней осевой силы, обеспечивающей эффективное формообразование узла крепления в зависимости от частоты вращения инструмента и теплофизических параметров взаимодействующих тел.

$$F = \frac{V\rho c(T - T_0)\sin\alpha}{K\mu_{трср}r_{уср}\omega t}; \quad \text{где } V - \text{объем инструмента; } \rho - \text{удельный вес материала инструмента; } c - \text{удельная теплоемкость; } T - \text{температура в зоне контакта инструмента с заготовкой; } T_0 - \text{начальная температура в зоне контакта инструмента с заготовкой; } \alpha - \text{угол конусности рабочей части инструмента; } \mu_{трср} - \text{коэффициент трения; } r_{уср} - \text{средний радиус инструмента; } \omega - \text{угловая скорость; } t - \text{время взаимодействия инструмента с заготовкой.}$$

Применение геометрической и физической моделей на этапе проектирования технологического процесса формообразования узлов крепления в тонкостенных деталях позволяет прогнозировать размеры узлов крепления и оценивать влияние технологических параметров режимов обработки на эффективность формообразования.

КЛАССИФИКАЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К ПОВЕРХНОСТНЫМ УПРОЧНЕНИЯМ НА РЕЖУЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ

Кряжев Д.Ю. – студент гр. ТМ–03
Даниленко Б.Д., Кряжев Ю.А. – научные руководители

В научно-технической литературе последних 30 лет описано, а из производственного опыта известно более 40 методов поверхностного упрочнения быстрорежущего инструмента после его изготовления. В связи с появлением такого большого количества разнообразных методов поверхностного упрочнения ставится задача всестороннего исследования эффективности их применения.

Различные виды режущих инструментов работают в различных условиях резания (кинематика и параметры процесса резания, подача СОЖ и др.), и поэтому правильность выбора метода поверхностного упрочнения определяется предварительным анализом характера ра-

боты конкретного инструмента. Таким образом, возникает задача технически грамотного исследования методов поверхностного упрочнения, что невозможно без экспериментального исследования теоретических концепций влияния упрочнения на стойкость инструмента.

В настоящее время известно очень мало работ, в которых исследовалось применение различных методов поверхностного упрочнения для одного вида металлорежущего инструмента при обработке одного конструкционного материала. Отсутствуют также работы, в которых проводились бы такие исследования при обработке различных конструкционных материалов.

С учетом особенностей работы режущего инструмента, совместимости свойств инструментального материала с поверхностным упрочненным слоем, технологических особенностей методов поверхностного упрочнения и т.п. была составлена классификация требований, предъявляемых к поверхностному упрочнению. Требования были разделены по общим признакам на четыре группы. К первой группе относятся требования к поверхностным упрочненным слоям, учитывающие условия работы режущего инструмента: 1) твердость упрочненного слоя должна быть выше твердости инструментального материала и сохранять ее при температурах резания; 2) устойчивость к разрушению упрочненного слоя при значительных колебаниях температур и напряжений при резании; 3) стабильность физико-механических свойств упрочненного слоя при температурах не ниже теплостойкости быстрорежущей стали; 4) устойчивость упрочнения к адгезии и окислению во всем диапазоне температур при сверлении конструкционных материалов; 5) высокая износостойкость упрочненного слоя в условиях знакопеременных напряжений; 6) улучшение условий внешнего трения упрочнения с обрабатываемым материалом.

Вторая группа включает специфические требования к инструментальному материалу с поверхностным упрочнением, которые должны иметь; 1) малую склонность к образованию хрупких соединений; 2) оптимальное соотношение по модулям упругости, коэффициентам линейного расширения, тепло- и температуропроводности; 3) сродство кристаллического и химического строения, определяющие прочность адгезии между ними.

При получении упрочненного слоя на режущем инструменте из быстрорежущей стали необходимо учитывать требования, относящиеся к технологическому процессу получения упрочнения. Такими требованиями являются: 1) протекание технологического процесса при температурах ниже структурно-фазовых превращений в быстрорежущей стали; 2) воспроизводимость свойств поверхностного упрочнения при заданных технологических параметрах; 3) доступность и простота контроля технологических параметров; 4) тепловой режим должен обеспечивать получение благоприятного характера остаточных напряжений, желателен сжимающих. Наряду с перечисленными требованиями необходимо также учитывать общие требования для поверхностных упрочнений, наносимых на режущие инструменты: 1) высокая плотность и сплошность поверхностного упрочненного слоя; 2) стабильность свойств упрочненного слоя по длине рабочей части инструмента и по времени его эксплуатации; 3) простота и экономичность получения поверхностного упрочнения; 4) гигиеничность способа получения упрочнения; 5) простота механизации и автоматизации процесса упрочнения.

Для инструментов с поверхностным упрочнением открывается возможность сокращения номенклатуры быстрорежущих сталей, что возможно для отдельных видов инструментов и отдельных методов поверхностного упрочнения этих инструментов.

Многообразие методов поверхностного упрочнения инструментов после его изготовления объясняется тем, что ни один из них не может претендовать на универсальность, а различные виды износа режущего инструмента обуславливают необходимость разработки и применения частных технологических мер повышения износостойкости.

В настоящее время известны классификации методов поверхностного упрочнения, основанные на использовании различных факторов: источников тепловой энергии и физических особенностей процессов, протекающих при упрочнении; способа нанесения покрытия и вида химического соединения в поверхностном слое.

В связи с расширением области применения методов поверхностного упрочнения, обладающих рядом специальных свойств, растущими требованиями обеспечения качества и надежности режущего инструмента целесообразно провести классификацию методов поверхностного упрочнения с использованием критериев: химического состава, изменение структуры и физико-механических свойств поверхностных слоев.

Применительно к режущим инструментам из быстрорежущей стали большое число методов поверхностного упрочнения их режущей части можно разделить на три основные группы, которые соответствуют данным критериям и характеризуют специфику протекания процесса формирования поверхностного упрочненного слоя. К первой группе относятся методы, при которых образование покрытия происходит преимущественно за счет диффузионных реакций между насыщаемыми элементами и быстрорежущей сталью. Необходимыми условиями диффузионного насыщения поверхности режущего инструмента для этих методов является: а) образование диффундирующего элемента в атомарном состоянии; б) растворимость насыщающего элемента в железе; в) диффузия насыщающего элемента в глубь инструмента.

Ко второй группе относятся методы, при которых механическое и (или) тепловое воздействие на поверхностные слои приводит к структурным превращениям, способствующим повышению стойкости при различных процессах изнашивания.

К третьей группе можно отнести методы формирования покрытий по комплексному механизму. Упрочненный слой образуется за счет интеродиффузионных реакций между конденсатом, состоящим из соединения металлоносителя, и материалом инструмента или за счет химических реакций потока частиц в объемах пространства, непосредственно примыкающего к поверхностям инструментального материала.

Предлагаемая классификация в известной мере носит условный характер, так как вариации технологических режимов резания получения поверхностного упрочнения могут повлечь за собой переход процессов из одной группы в другую. Кроме того, приведенные в классификации разновидности основных процессов поверхностного упрочнения не исчерпывают всего их многообразия, однако позволяют составить представление об их технологических возможностях.

РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПРИ АКТИВНОМ КОНТРОЛЕ НА ОПЕРАЦИЯХ КРУГЛОГО ШЛИФОВАНИЯ

Чернигина Е.М. – студент гр. ТМ-93
Лабецкий В.М. – научный руководитель

Рост требований к точности обработки деталей на финишных операциях заставляет совершенствовать методы автоматического активного контроля. Литературный обзор методов активного контроля, используемых при круглом шлифовании, показал, что наибольшую точность размеров удастся обеспечить с помощью систем с автоматическим регулированием уровня настройки. Сюда относятся системы с автоматической компенсацией температурных погрешностей, компенсацией погрешностей динамического происхождения, компенсацией износа контактных элементов измерительных приборов и др. Особенно ощутимые результаты по повышению точности достигаются в системах комбинированного двухступенчатого контроля с компенсацией износа. Разброс получаемых размеров при использовании таких систем по имеющимся сведениям сокращается в 1,5-2 раза и в ряде случаев ограничивается 3 мкм. Это высокая точность. Однако если учесть, что в сопряжениях, образованных такими деталями, рассеивание величины зазоров или натягов возрастает как минимум вдвое, то для высокоточных изделий с допусками на эти параметры 2-3 мкм полученные результаты оказываются недостаточными. По этой причине для получения высокоточных сопряжений в узлах типа плунжерные пары, золотники, гидроцилиндры, клапаны в устройствах гидроаппа-

ратуры, высокоточные подшипники и др. до сих пор применяют индивидуальную пригонку или селективную сборку, что ведет к заметному увеличению трудоемкости этих изделий.

Анализ имеющихся в литературе сведений показывает, что большие перспективы в решении указанной проблемы связаны с совершенствованием метода спаренного шлифования. На том уровне разработки этого метода, который существует в настоящее время, он обеспечивает допуск сопряжений до 3,5 мкм. Применяемая при этом схема спаренного шлифования включает в себя всего один контур управления измерительной системой и в сущности представляет собой разновидность схемы активного контроля с управлением циклом обработки. Если ввести в нее дополнительный контур компенсации износа контактных элементов измерительного прибора активного контроля (как при двухступенчатом контроле), то можно ожидать значительного эффекта повышения точности сопряжения. При реализации такой схемы следует предусмотреть периодическое переключение измерительной схемы на режим поднастройки с использованием эталонов сопрягаемых деталей и подналадчика, воздействующего на прибор активного контроля. В режиме поднастройки эталоны вводятся вместо сопрягаемых деталей на те же позиции. При измерении оба эталона неподвижны, шлифовальный круг находится в отведенном положении.

О КАЧЕСТВЕ ПРЕССОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ДОРНОВАНИЕМ ОТВЕРСТИЙ ОХВАТЫВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

Буканова И.С. - аспирант
Ятло И.И. – научный руководитель

В любых прессовых соединениях точность изготовления деталей, колебание фактических натягов прессования, принятых по стандартам, отклонение формы, геометрия, волнистость, шероховатость сопрягаемых поверхностей и др. сказываются на прочности соединений, вследствие неоднородности натяга, смятия микронеровностей, дискретности площади контакта.

За критерии качества соединений типа "втулка-корпус" принимались два основных параметра: усилие осевого P и кругового (тангенциального) M сдвигов сопрягаемых деталей друг относительно друга. Эксперименты проводились как на специальных образцах, так и на производственных деталях. Детали соединений дизелей серии А-01 и А-41 (втулки шестерен и малая головка шатуна) зачастую имеют значительные отклонения от геометрической формы. Так некруглость втулки шестерён достигает 0,14 мм, втулок шатуна 0,125 мм, а фактическая площадь контакта S_f составляет 19-27 % от номинальной площади. Значения P и M , определённые по формулам, принятым для расчёта упруго-пластических деформаций, почти в 4 раза больше при расчётном максимальном натяге прессования, чем при минимальном. Натяг прессования в свою очередь зависит от высоты микронеровностей сопрягаемых поверхностей, которые при запрессовки сминаются или срезаются, уменьшая действительный натяг запрессовки.

Для получения более близких по величине значений максимального и минимального натягов запрессовки необходимо изготавливать детали с жёсткими допусками. На практике это приводит к значительному удорожанию технологических процессов, а на некоторых ремонтных предприятиях изготовление деталей с жёсткими допусками связано с дополнительными трудозатратами. Значительно снижает прочность соединений механическая обработка отверстий охватываемых деталей со снятием стружки. Процесс дорнования отверстий втулок, установленных в корпус с натягом или зазором, благоприятно влияет на распределение остаточных напряжений, способствует повышению эксплуатационных свойств соединений.

Натяг дорнования является одним из основных параметров, увеличивающих прочностные показатели соединений. От его величины зависит напряжённо-деформированное состояние (НДС) металла деталей, изменяется характер контакта сопрягаемых поверхностей.

С увеличением натяга дорнования до определённого предела происходит достаточно интенсивный пропорциональный рост P и M , так как дорнование запрессованной втулки со всё увеличивающимися натягами вызывает появление остаточных деформаций внутренних слоёв стенки втулки, которые создают в находящихся за ними слоях упругие деформации. При этом наружный диаметр втулки стремится к увеличению. За счёт этого в зоне стыка сопрягаемых поверхностей возникает дополнительное радиальное давление $P_{вт}$. Внутренние слои отверстия корпуса деформируются только упруго, сжимая втулку радиальным давлением $P_{кор}$. Следовательно, дорнование обеспечивает дополнительное давление, равное

$P_d = P_{вт} + P_{кор}$, а общее давление в стыке будет $P_k = P_z + P_d$.

Дальнейшее увеличение натяга дорнования приводит к исчезновению упругой зоны деформирования, распространению на всю толщину стенки втулки пластической зоны и упруго-пластическому состоянию корпуса. Напряжённое состояние металла в зоне стыка снижается, вместе с ним снижаются прочностные показатели, а упрочнение посадки происходит за счёт незначительного увеличения площади контакта S_k .

Как показали эксперименты, характер зависимости прочности узлов, содержащих полые охватываемые цилиндрические детали, работающие в температурном режиме двигателей внутреннего сгорания, от степени деформации не изменяются. Однако, имеется снижение прочностных показателей по сравнению с соединениями, не подверженным температурному циклическому воздействию.

ВЫБОР ВАРИАНТОВ ОБРАБОТКИ СООСНЫХ СТУПЕНЧАТЫХ ОТВЕРСТИЙ В КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЯХ НА МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКАХ

Токмин А.Н.– студент гр. 5ТАП-71
Леонов А.М.– научный руководитель

Среди корпусных деталей имеется множество таких, основными функциональными поверхностями которых являются соосные ступенчатые отверстия различной формы. Эту группу представляют, например, корпуса масляных и водяных насосов дизельных двигателей. Такие детали не являются телами вращения, но наличие в них множества соосно расположенных ступенчатых отверстий требуют токарную обработку. Для остальных поверхностей требуется обычно сверлильно-фрезерная обработка с нескольких сторон. Такие конструктивные и технологические особенности рассматриваемых деталей создают ряд изложенных в докладе проблем построения наиболее экономичных технологических процессов в автоматизированном производстве.

При переходе на серийное быстропереналаживаемое производство на базе многоцелевых станков, важной является задача максимальной концентрации операций и сокращения до минимума количества единиц применяемого оборудования и оснастки за счёт расширения возможностей элементов технологической системы. Целью исследования было найти такое оборудование, оснастку и технологию, чтобы всю основную механическую обработку рассматриваемой группы корпусных деталей типа «гидронасос» выполнять на одном многоцелевом станке (МЦС).

Технологические возможности растачивания отверстий на многоцелевых станках резко возрастают с применением плансуппортной головки, радиальное перемещение резца которой выполняется по программе. В этом случае возможно растачивание ступенчатых отверстий любого вида, канавок, выточек, подрезание торцов с двух сторон и др. В докладе подробно изложены конструктивные особенности и технологические возможности плансуппортных головок.

Наряду с широкими технологическими возможностями, плансуппортные головки имеют ряд существенных недостатков, главными из которых являются их недостаточно высокая точность в работе при достаточно высокой стоимости их как оснастки. В докладе даются анализ и оценка недостатков и выводы по определению границ области применения план-

суппортных головок. Предлагается группу корпусных деталей типа «гидронасос» разбить на подгруппы в соответствии с вариантами рационального маршрута обработки. Для каждой подгруппы можно рекомендовать один из следующих вариантов использования инструментов и станков для растачивания ступенчатых отверстий на МЦС:

- Расточные резцы при токарной обработке. Концентрация обработки на многоцелевом станке токарной группы;
- набор борштанг для каждого диаметра отверстия. Остаются поверхности, при обработке которых требуется радиальное перемещение расточного резца. Применение токарных и сверлильно-фрезерных МЦС;
- плансуппортная головка. В этом варианте могут остаться необработанными высокоточные поверхности. Концентрация обработки на сверлильно-фрезерно-расточном многоцелевом станке при невысоких требованиях к точности;
- плансуппортная головка и набор борштанг. Плансуппортная головка выполняет растачивание цилиндрических поверхностей, канавок, торцов, конусов и других свободных поверхностей любой формы. Набором борштанг выполняется чистовое растачивание точных цилиндрических отверстий. Концентрация обработки на сверлильно-фрезерно-расточном многоцелевом станке при высоких требованиях к точности.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ РЕЗАНИИ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ ПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Бобков С.А. – аспирант
Ятло И.И. – научный руководитель

Постоянно растущие требования к стойкости инструмента и качеству обработанной поверхности вызывают появление новых инструментальных материалов и конструкций режущего инструмента, а также комбинированных методов обработки, направленных на повышение эффективности процесса резания.

Одним из наиболее технологичных средств интенсификации пластической деформации в процессе резания является ультразвук. Воздействие ультразвука на процесс пластического деформирования при резании обусловлено его влиянием на свойства и структуру деформируемого металла, контактные условия, изменение схем напряжённого состояния и, в некоторых случаях, дискретным и динамическим характером приложения нагрузки.

Как известно, для осуществления пластической деформации необходимо движение дислокаций (если в кристалле имеются подвижные дислокации) или зарождение новых (если в кристалле их нет или они малоподвижны). В большинстве пластичных кристаллов и поликристаллов имеется достаточное для протекания пластической деформации количество дислокаций и относительно лёгкие механизмы их разложения. При движении дислокации преодолевают препятствия, которыми могут быть различные потенциальные барьеры, такие как вакансии, примесные атомы, блокированные петли вакансий. В процессе пластического деформирования происходит увеличение плотности дислокаций, взаимное пересечение и взаимодействие их друг с другом, всё большее торможение на препятствиях и, как результат этого, - интенсивное упрочнение. Для продолжения пластического деформирования необходимо приложить внешнюю энергию для активизации задержанных дислокаций или образования новых. Наблюдаемое в процессе пластического деформирования уменьшение напряжений при воздействии ультразвука, наряду с действием акустических напряжений, можно объяснить активацией задержанных дислокаций, вследствие чего процесс их движения облегчается.

Активация дислокаций происходит в основном за счёт поглощения акустической энергии в местах дефектов кристаллической решётки и других структурных несовершенств. Вследствие этого за время, исчисляемое миллисекундами, происходит локальный нагрев вокруг источников поглощения, снятие напряжений, разблокировка дислокаций,

увеличение их подвижности, что обеспечивает более интенсивный ход пластической деформации.

Наряду с процессом активации имеют место устранения препятствий и образование новых дислокаций. Однако процесс зарождения новых дислокаций требует более длительного времени при более длительном воздействии ультразвука. Активация задержанных дислокаций под воздействием ультразвука и образование новых приводит к тому, что в процессе деформации плотность дислокаций возрастает. Рост плотности дислокации, образование ячеистой структуры, разориентация субзёрен и разрушение структуры при воздействии ультразвука говорят о том, что эти изменения связаны с элементарными актами пластической деформации. Механизм образования ячеистой дислокационной структуры при циклическом нагружении, так же как и при однонаправленной деформации, связан с усилением взаимодействия скользящих дислокаций с повышением их плотности.

Кроме того, вследствие ультразвуковых колебаний в процессе резания происходит периодический поворот векторов сил трения на передних и задних поверхностях и значительно уменьшается сопротивление сходу стружки, а под влиянием термического эффекта, вызванного наложением ультразвуковых колебаний, существенно изменяется характер трения инструмента и обработанной поверхности, что в совокупности с остальными факторами приводит к снижению напряженности процесса резания и увеличению стойкости инструмента в конечном итоге.

Таким образом, наложение ультразвуковых колебаний на инструмент, вызывающее значительное изменение пластичности, связанное как с действием знакопеременных динамических напряжений, так и с поглощением акустической энергии дефектами кристаллического строения в совокупности с предшествующим поверхностным пластическим деформированием, является наиболее эффективным средством повышения технологичности комбинированной обработки при резании труднообрабатываемых пластичных материалов.

УПРОЧНЕНИЕ НЕПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТИПА «ВТУЛКА–КОРПУС» ПОВЕРХНОСТНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

Бочкарев Ю.Д. – магистрант гр. МТАП – 72
Ятло И.И. – научный руководитель

Качество неподвижных соединений характеризуется контактной прочностью сопряжённых поверхностей, которая зависит от напряжённо-деформированного состояния (НДС) материала деталей, их фактической площади контакта, микротвёрдости и шероховатости контактируемых поверхностей и т.д. Методы поверхностного пластического деформирования (ППД) позволяют изменить НДС и физико-механические свойства поверхностного слоя деталей, что значительно повышает эксплуатационные свойства узлов машин. В настоящей работе приведены результаты длительных лабораторных и производственных испытаний упрочнённых подвижных соединений узлов двигателей внутреннего сгорания.

Шатунно-поршневая группа в двигателе внутреннего сгорания является весьма нагруженным узлом, испытывающим в процессе работы переменные нагрузки, близкие к ударным. Поэтому шлицевый разъём крышки и корпуса шатуна должен иметь достаточную контактную жёсткость, фактическая площадь поверхности прилегания шлицев должна составлять не менее 80%, а $Ra=0,63\text{мкм}$. Однако, в связи с тем, что в массовом производстве шлицы этого соединения получают методом протягивания по генераторной схеме резания, возникают погрешности формы шлицев по углу и по шагу. При такой схеме резания невозможно получить низкие параметры шероховатости в силу специфики образования боковых поверхностей шлицев. Всё это обуславливает дискретный контакт и даже полное его отсутствие на поверхности части шлицев. Это является причиной неравномерного распределения нагрузки на шлицы, увеличения контактного давления, смятия микронеровностей, снижения контактной жёсткости стыка, что приводит к ослаблению затяжки и обрыву болтов, стяги-

вающих шатун и крышку. Анализ сопрягаемых поверхностей деталей показал, что фактическая площадь контакта стыка составляет 15...17%. Поэтому контактируемые поверхности шлицев имеют удельные давления, значительно превышающие допустимые. Известно, что контактную жёсткость сопрягаемых поверхностей можно повысить обработкой их ППД. В данном случае наиболее целесообразным является совместная обработка шлицев, когда поверхности одной сопрягаемой детали являются деформирующими элементами другой. Для выполнения этой операции разработаны технология и промышленная установка для совместной обработки шлицев шатуна и крышки. Как показали результаты экспериментов, такой вид ППД шлицевого соединения наиболее эффективен т.к. улучшается геометрия шлицев, фактическая площадь контакта поверхностей шлицев достигает 80...90%, повышается поверхностная микротвёрдость, снижается шероховатость. Всё это создаёт условия для получения жёсткого неподвижного соединения и его надёжной работы в узле.

Ответственным узлом в двигателе внутреннего сгорания является соединение «втулка – верхняя головка шатуна». Втулка с размерами $d_n = 56\text{мм}$, $d_{вн} = 48\text{мм}$, $l = 46\text{мм}$, материал Бр.О5-Ц5-С5, НВ 60...90, служащая подшипником скольжения, должна иметь достаточную прочность посадки в отверстии верхней головки шатуна, исключая возможность её кругового сдвига. Особенностью конструкции втулки является наличие кольцевой внутренней канавки. Толщина стенки по дну канавки составляет 1,2...1,35мм. В связи с этим, при запрессовке даже с минимальным натягом стенка втулки деформируется внутрь отверстия. С увеличением натяга запрессовки, коэффициента трения (т.е. с увеличением усилия запрессовки) деформация увеличивается, что не только снижает НДС, но и приводит к появлению зазоров между сопрягаемыми поверхностями до 0,017...0,019мм. Кроме того, на прочность посадки втулки в корпусе негативное влияние оказывает операция растачивания отверстия запрессованной втулки, когда вместе со снимаемым при растачивании слоем металла удаляется часть сжимающих внутренних остаточных напряжений, НДС при этом также снижается. Так, съём металла толщиной 0,5...0,55мм снижает прочность посадки на 35...40% в любом случае. Для повышения контактной прочности этого соединения был использован процесс дорнования отверстия запрессованной втулки с натягом, обеспечивающим упруго - пластический режим деформирования втулки и упругий – корпуса, что повышает НДС и обеспечивает дополнительные напряжения в стыке. Дорнование запрессованной втулки с натягом 0,26...0,28 мм позволяет повысить величину критерия прочности по круговому сдвигу рассматриваемого соединения и гарантировать его качество.

Кроме того, можно создать соединения «втулка – корпус» с необходимой контактной прочностью стыка путём дорнования отверстия втулки, установленной в корпус с зазором. В этом случае назначается больший натяг дорнования с таким расчётом, чтобы за счёт радиальной деформации наружной поверхности втулки был выбран зазор, но сама втулка находилась бы в упруго-пластическом состоянии. Например, при дорновании запрессованной бронзовой втулки оптимальный натяг составляет 0,26...0,28 мм, а установленной в корпус с зазором 0,05...0,08мм – натяг дорнования 0,3...0,32 мм. Процесс дорнования втулки, установленной с зазором, аналогичен процессу поперечной запрессовки, поэтому величину шероховатости поверхности отверстия корпуса можно увеличить, создавая тем самым дополнительное механическое сцепление и увеличивая фактическую площадь контакта сопрягаемых поверхностей.

Эффективен метод получения прессовых соединений за счёт упругой деформации от распределения внутренних напряжений, которые получают следующим образом. В охватываемой детали будущего соединения создают остаточные напряжения за счёт ППД ее наружного диаметра. Затем эта деталь вводится (запрессовывается с малым натягом) в охватывающую и производится перераспределение остаточных напряжений, например, растачиванием внутреннего диаметра охватываемой детали. С целью возможного применения этого метода проведены работы по определению величины деформации наружного диаметра охватываемой детали на образцах бронзовых втулок шатуна. Для изготовления образцов бронзовая труба обкатывалась по наружному диаметру с усилием $P = 900\text{Н}$, что гарантировало

идентичность качества обработки и наружных размеров всех образцов. Затем труба разрезалась на кольца, измерялись внутренний и наружный диаметры, производилось растачивание внутреннего диаметра с измерением наружного. Данные экспериментов интерпретированы в график, по которому можно проследить за изменением наружного диаметра кольца с увеличением глубины растачивания внутреннего диаметра. Было установлено, что имеется критическая величина съёма металла, свыше которой деформация по наружному диаметру замедляется и стабилизируется, т.е. существует оптимальная величина съёма металла, позволяющая прогнозировать качество соединения «втулка – корпус». На основании результатов экспериментов разработана технология установки втулки в шатун, по которой перед запрессовкой втулка редуцируется с минимальным натягом 0,17мм. Операция редуцирования повышает НДС материала втулки, упрочняет поверхностный слой, исправляет геометрические параметры наружного диаметра и увеличивает фактическую площадь контакта. После этого втулка запрессовывается в отверстие малой головки шатуна с натягом 0,06...0,09мм. Растачивание отверстия запрессованной втулки производится с глубиной 0,4мм. Проведённые измерения усилий распрессовки показали, что редуцированные втулки имеют их в 1,2...1,25 раза выше, чем не редуцированные.

Таким образом, комплексное использование методов поверхностного пластического деформирования для упрочнения неподвижных соединений позволяет значительно повысить эксплуатационные свойства узлов машин.

РАСЧЕТ ГЛУБИНЫ УПРОЧНЁННОГО СЛОЯ ПРИ ТОНКОМ ТОЧЕНИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО УПРОЧНЁННОГО МЕТАЛЛА

Макаль С.Ю. – аспирант
Ятло И.И. – научный руководитель

Правильная оценка характера протекания деформации, возникающей при резании предварительно упрочнённого металла, приводит к лучшему пониманию явлений, происходящих в поверхностном слое, особенно при малых толщинах среза. В известных работах по исследованию физико-механических характеристик качества поверхности недостаточно изучен поверхностный слой при малых толщинах среза, не рассматривается влияние предварительного упрочнения, а также радиуса округления режущей кромки на деформацию. Анализ микромеханизма деформации показывает, что наклеп представляет собой искажение структуры решетки металла, дислокацию зерен, а также их формоизменение. От действия сжимающих сил, возникающих в деформированном слое металла непосредственно перед режущей кромкой, появляется упругий сжатый слой. По мере прохождения режущего инструмента зерна металла, попавшие в контакт с радиусной поверхностью режущей кромки, поднимаются и вытягиваются. Вытянутые зерна «налипают» на нижний сжатый слой деформированного металла. Металл нижнего слоя испытывает сжатие, а верхнего слоя – растягивающие напряжения. Такое изучение деформации позволяет глубже и точнее анализировать явления, происходящие в поверхностном слое, которые характеризуются глубиной и степенью наклепа.

Глубина наклёпа h складывается из глубины нижнего слоя h_n и верхнего h_b : $h = h_n + h_b$.

Были получены зависимости величины h_n от физико-механических характеристик предварительно упрочнённого металла, угла сдвига, геометрических параметров инструмента, толщины среза и радиуса округления режущей кромки. Величина h_b зависит только от радиуса округления режущей кромки, заднего угла и среднего линейного радиуса зерна, определяемого параметрами предварительного упрочнения.

Полученные аналитические зависимости позволяют рассчитывать глубину наклепа без трудоемких экспериментов. Адекватность теоретических зависимостей была подтверждена экспериментальными исследованиями глубины наклепа рентгенографическим методом. Имеющиеся расхождения невелики при малых толщинах среза и несколько больше (около 5%) – при повышенных толщинах.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ ПРЕССОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ НА ИХ СТАТИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ

Семёнов А.В. – магистрант гр. МТАП-72
Ятло И.И. – научный руководитель

В работе исследовано влияние технологии сборки прессовых соединений с использованием поверхностного пластического деформирования на их статическую прочность. За критерии прочности приняты величины усилия осевого P и кругового (тангенциального) M сдвигов сопрягаемых деталей друг относительно друга.

Исследования проведены на натуральных образцах применительно к соединению бронзовая втулка - поршневая головка шатуна дизелей А-01 и А-41. Материал втулки – Бр. О5-Ц5-С5, шероховатость по наружному диаметру $Ra = 0,42 \dots 0,5$ мкм, шатун – сталь 40Х, НВ 241, шероховатость поверхности отверстия после растачивания составляла $Ra = 0,71 \dots 0,89$ мкм.

Исследовано шесть вариантов технологических процессов сборки соединения. Натяг запрессовки был равен $0,08 \dots 0,86$ мм. Образцы соединения I-го варианта, полученные запрессовкой втулок с натягом, являлись контрольными, а величины P и M принимались за 100%. Соединения II-го варианта получены запрессовкой втулок с последующим дорнованием их отверстий. В этом случае увеличение P и M составило 59% и 38% соответственно. Абсолютная величина прироста этих величин разная, так как сказывается направление следов обработки сопрягаемых поверхностей при сдвиге и скручивании. Процесс дорнования с натягом приводит к пластической деформации контактных поверхностей (микро - и макронеровностей), повышает фактическую площадь контакта S , коэффициент трения, увеличивает величины P и M .

Перед запрессовкой втулок отверстия шатунов по III-у варианту после растачивания обрабатывались дорном с натягом $0,28 \dots 0,29$ мм. При этом шероховатость составила $Ra = 0,39 \dots 0,45$ мкм., усилие осевого сдвига увеличилось на 25%, а момент кругового сдвига на 30%, что связано с увеличением S и микротвёрдости. Однако уменьшился коэффициент трения.

Максимальное повышение (более чем в шесть раз) кругового сдвига получено у соединений IV-го варианта, где для дорнования отверстий шатунов использовался дорн с продольными пазами на калибрующей ленточке, что позволяло получать на обработанной поверхности выступы высотой $0,15 \dots 0,2$ мм. Но величина P в этом случае оказалась равной величине P образцов соединений III-го варианта, так как продольные выступы на осевой сдвиг влияния не оказывают.

В пятом варианте исследована прочность поперечно-прессовых соединений, полученных охлаждением втулок в жидком азоте. Величины P и M по сравнению с результатами полученными по II-му и III-му вариантам, больше примерно на 15%, что свидетельствует об их идентичном эффекте. Но затраты на получение соединений с использованием азота значительно выше.

По шестому варианту получены соединения установкой втулок с зазором $0,02 \dots 0,03$ мм с последующим дорнованием с теми же натягами. Величины P и M оказались выше этих же величин соединений II-го варианта на 12% и 14% соответственно. Это свидетельствует о том, что микронеровности формируют стык контактируемых поверхностей. Эти величины прочности были бы выше, но, так как часть натяга расходуется на выбор зазора и создание первоначального напряженно-деформированного состояния (НДС), соответствующего величине натяга запрессовки, то окончательное формирование НДС происходит при фактическом натяге дорнования меньше расчётного. Поэтому при расчётах необходимо учитывать соотношение величин натягов запрессовки и дорнования, когда на сопрягаемых поверхностях при выполнении этих операций появляются одинаковые контактные давления.

Таким образом, процесс дорнования отверстия втулки, установленной с натягом или зазором в корпус идентичен поперечно-прессовому способу сборки и является эффективной операцией, повышающей прочность прессовых соединений.

АНИЗОТРОПИЯ МЕЖАТОМНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ И УПРУГОСТЬ ГПУ МЕТАЛЛОВ

Баранов М.А. Дубов Е.А. Дятлова И.В. Черных Е.В.

Постоянное совершенствование военной и космической техники требует применения металлических материалов с более высокими физико-механическими характеристиками: удельной прочностью, жаропрочностью, износостойкостью, коррозионной стойкостью и др. по сравнению с применяемыми в настоящее время. Все эти и другие свойства материалов определяются двумя основными факторами - законом межатомного взаимодействия и наличием, типом и характером распределения дефектов кристаллической решетки по объему материала. Изменение состава сплава и режимов его обработки изменяет и влияние этих факторов. Программирование свойств материалов с учетом отмеченных факторов возможно только в результате понимания на атомном уровне процессов происходящих в них, что, в свою очередь, может быть достигнуто путем применения методов компьютерного моделирования.

Большинство работ посвящено изучению на атомном уровне структуры и свойств металлических материалов с кубической решеткой узлов. Между тем перспективными оказываются сплавы с низкосимметричной кристаллической решеткой, поскольку их высокопрочностные свойства обусловлены низкой подвижностью дислокаций. Как правило, одним из основных компонентов таких сплавов является ГПУ металл. В этой связи, описание характера межатомных взаимодействий в ГПУ металле представляется необходимым шагом для прогнозирования на атомном уровне свойств сплавов.

В настоящей работе выполнено построение парных межатомных потенциалов в ГПУ металлах, обеспечивающих устойчивость их кристаллической решетки при экспериментально наблюдаемых геометрических размерах элементарной ячейки, энергии связи и модуля всестороннего сжатия, проведен расчет модулей упругости.

Ранее, для описания свойств сплавов с кубической решеткой узлов многократно успешно применялся межатомный потенциал, задаваемый радиально симметричной функцией Морза:

$$R(r) = D\beta e^{-\alpha r} (\beta e^{-\alpha r} - 2) \quad (1).$$

Потенциал межатомного взаимодействия в ГПУ металлах задавался функцией Морза модулированной функцией, зависящей от ориентации вектора межатомной связи и отражающей симметрию ГПУ решетки.

$$\varphi(r, \theta) = (1 + \xi \cos^2 \theta) R(r) \quad (2),$$

где θ - угол между направлением вектора связи и главной осью кристалла, ξ - параметр анизотропии. Очевидно, что при $\xi = 0$ потенциал (2) превращается в сферически симметричный.

Параметры ξ, α, β, D потенциала (2) подбирались из упомянутых выше условий равновесия кристалла с учетом связей до шестой координационной сферы, которые включали взаимодействия 42 соседей из окружения каждого атома.

Значения этих параметров и соответствующие им исходные экспериментальные данные (параметр решетки a_0 , соотношение параметров элементарной ячейки $\eta = c/a$, энергия связи E_s , модуль всестороннего сжатия B) приведены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные и параметры парных межатомных анизотропных потенциалов (2) для ГПУ металлов

Металл	Исходные данные				Параметры потенциалов			
	$a_0, \text{ \AA}$	$\eta_{\text{эксп.}}$	$E_s, \text{ эВ}$	$B_s, \text{ эВ/ \AA}^3$	ξ	αa_0	β	$D, \text{ эВ}$
Be Бериллий	2.283	1.5799	3.33	0.6261	-0.47003	2.35113	15.5631	0.330179
Cd Кадмий	2.973	1.8859	1.160	0.2915	5.12969	4.48565	147.4930	0.055273
Co Кобальт	2.514	1.6329	4.387	1.1948	-0.25480	3.55046	45.8561	0.537950
Hf Гафний	3.195	1.5830	6.350	0.6804	-0.48839	3.10468	30.3060	0.767107
Mg Магний	3.2084	1.6240	1.530	0.2210	-0.28759	3.74604	54.2811	0.196331
Re Рений	2.7609	1.6148	8.100	2.3221	-0.32127	4.25763	85.3768	1.137211
Ru Рутений	2.7060	1.5824	6.615	2.0025	-0.52657	4.21980	80.9837	0.992958
Sc Скандий	3.3090	1.5935	3.930	0.2715	-0.44311	2.53412	18.4222	0.406554
Tl Таллий	3.4564	1.6002	1.870	0.2241	-0.41616	3.80774	56.6069	0.253196
Ti Титан	2.950	1.5885	4.855	0.6561	-0.46777	3.09495	30.1143	0.581327
Zn Цинк	2.665	1.8563	1.350	0.3733	2.57957	3.99022	84.5847	0.088871
Zr Цирконий	3.232	1.5925	6.316	0.5200	-0.44977	2.70591	21.4452	0.684843

Построенные межатомные потенциалы были применены для описания упругих и пластических свойств гексагональных металлов и сплавов. В частности, с их помощью рассчитаны значения модулей упругости металлов. По определению модули упругости C_{mn} могут быть найдены из соотношений

$$C_{mn} = \frac{d^2 U}{de_m de_n} \quad (3),$$

где, U – плотность внутренней энергии, e_m, e_n – компоненты тензора деформации, $m, n = 1, 2, \dots, 6$. Плотность внутренней энергии представлялась только энергией парных межатомных взаимодействий (2)

$$U = \frac{1}{2V_0} \sum_j \varphi(r_j, \theta_j) \quad (4),$$

где, $V_0 = \frac{\sqrt{3}}{4} \eta a_0^3$ – атомный объем.

С учетом (2), (3) и (4) выражения для модулей упругости запишутся в виде

$$\begin{aligned}
 C_{11} &= \frac{1}{2V_0} \sum \left[\frac{8\xi x^4 z^2 - 2\xi x^2 z^2 r^2}{r^6} R + \frac{x^2 r^4 - x^4 r^2 + \xi x^2 z^2 r^2 - 5\xi z^2 x^4}{r^6} \left(r \frac{dR}{dr} \right) + \frac{x^4 r^2 + \xi x^4 z^2}{r^6} \left(r^2 \frac{d^2 R}{dr^2} \right) \right]; \\
 C_{12} &= \frac{1}{2V_0} \sum \left[\frac{8\xi x^2 y^2 z^2}{r^6} R - \frac{x^2 y^2 r^2 + 5\xi x^2 y^2 z^2}{r^6} \left(r \frac{dR}{dr} \right) + \frac{x^2 y^2 r^2 + \xi x^2 y^2 z^2}{r^6} \left(r^2 \frac{d^2 R}{dr^2} \right) \right]; \\
 C_{33} &= \frac{1}{2V_0} \sum \left[\frac{2\xi z^2 r^4 - 10\xi z^4 r^2 + 8\xi z^6}{r^6} R + \frac{z^2 r^4 + (5\xi - 1)z^4 r^2 - 5\xi z^6}{r^6} \left(r \frac{dR}{dr} \right) + \frac{z^4 r^2 + \xi z^6}{r^6} \left(r^2 \frac{d^2 R}{dr^2} \right) \right]; \\
 C_{13} &= \frac{1}{2V_0} \sum \left[\frac{8\xi x^2 z^4 - 4\xi x^2 z^2 r^2}{r^6} R + \frac{(2\xi - 1)x^2 z^2 r^2 - 5\xi x^2 z^4}{r^6} \left(r \frac{dR}{dr} \right) + \frac{x^2 z^2 r^2 + \xi x^2 z^4}{r^6} \left(r^2 \frac{d^2 R}{dr^2} \right) \right]; \\
 C_{44} &= \frac{1}{8V_0} \sum \left[\frac{32\xi y^2 z^4 - 18\xi y^2 z^2 r^2 + 2\xi y^2 r^4 - 2\xi z^4 r^2}{r^6} R + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{y^2 r^4 + z^2 r^4 + (9\xi - 4)y^2 z^2 r^2 - 20\xi y^2 z^4 + \xi z^4 r^2}{r^6} \left(r \frac{dR}{dr} \right) + \frac{4y^2 z^2 r^2 + 4\xi y^2 z^4}{r^6} \left(r^2 \frac{d^2 R}{dr^2} \right) \right];
 \end{aligned} \quad (5),$$

где, x, y, z – координаты узлов ГПУ решетки.

Суммирование в (5) выполнено по узлам решетки, за исключением узла находящегося в начале координат. Индекс суммирования для краткости опущен. Значения модулей $C_{11}, C_{12}, C_{13}, C_{33}, C_{44}$ приведены в таблице 2.

Таблица 2

Значения модулей упругости ($\text{эВ}/\text{А}^3$), для ГПУ металлов

Металл	Расчет					Эксперимент				
	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{33}	C_{44}	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{33}	C_{44}
Be Бериллий	1.3106	0.4369	0.2218	1.2526	0.2296	1.824	0.167	0.087	2.100	1.014
Hf Гафний	1.4235	0.4745	0.2346	1.3891	0.2387	1.130	0.482	0.413	1.229	0.348
Cd Кадмий	0.3843	0.1281	0.1459	1.0812	0.1492	0.723	0.248	0.253	0.321	0.127
Co Кобальт	2.4159	0.8053	0.4521	2.5022	0.4534	1.916	1.030	0.643	2.235	0.487
Mg Магний	0.4480	0.1493	0.0842	0.4575	0.0845	0.373	0.163	0.135	0.385	0.102
Re Рений	4.7062	1.5687	0.9125	4.6988	0.9144	3.823	1.685	1.286	4.262	1.014
Ru Рутений	4.1796	1.3932	0.7407	3.9143	0.7455	—	—	—	—	—
Sc Скандий	0.5660	0.1887	0.0956	0.5519	0.0980	—	—	—	—	—
Tl Таллий	0.4619	0.1540	0.1831	0.4530	0.0835	—	—	—	—	—
Ti Титан	1.3689	0.4563	0.2279	1.3426	0.2316	1.014	0.574	0.431	1.128	0.291
Zn Цинк	0.5732	0.1911	0.1694	1.2593	0.1694	1.005	0.213	0.312	0.381	0.239
Zr Цирконий	1.0844	0.3615	0.1811	1.0636	0.1851	0.895	0.454	0.408	1.029	0.200

Как видно из таблицы, соответствие между экспериментальными и рассчитанными значениями модулей упругости оказываются для большинства металлов вполне удовлетворительными. Для металлов с $\eta \approx 1,6$ наблюдается корреляционное соответствие между модулями

$$C_{11} \approx C_{33} > C_{12} > C_{13} \approx C_{44} \quad (6)$$

справедливое как для экспериментальных, так и для рассчитанных значений. Для кадмия и цинка – элементов с большим значением η соотношение (6) не выполняется. Для экспериментальных значений C_{mn} в бериллии соотношение (6) также не выполняется, что, скорее всего объясняется тем, что закон, по которому взаимодействуют атомы в бериллии оказывается более сложным и не может быть описан функцией (2).

Работа выполнена при поддержке гранта МО PD 02-1.2-31.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция «Динамика и прочность машин»

1. Вольных Д.П., Максименко А.А. Контактное взаимодействие на примере соединений с гарантированным натягом	3
2. Вольных Д.П. Повышение качества усвоения материала студентами дисциплины сопротивление материалов	4
3. Фроловский М.В. Применение численных методов для решения динамических задач механики	5
4. Дубровин А.Ю., Максименко А.А. Исследование напряженно-деформированного состояния деталей машин полуаналитическим методом конечных элементов	5
5. Бусыгин В.Г. Моделирование контактных условий в расчетах конструкций МКЭ	8
6. Бусыгин В.Г. Расчет напряжений в осесимметричных конструкциях МКЭ с учетом условий контактного взаимодействия	9
7. Хаустов Р.В., Черепанова Е.В., Алексейцев А.И. Влияние длительного старения полиэтилена высокой плотности на его деформационные свойства	10

Секция «Прикладная механика»

1. Блинов А.А., Гринин А.Н. Исследование влияния длины кривошипа на динамику работы двигателя мотоцикла.	11
2. Адлер А.С., Мухопад К.А. Моделирование задач механики с помощью программного комплекса «Эйлер».	11

Секция "Системы автоматизированного проектирования"

1. Рубцова С.В., Макарова Е.И. Разработка подсистемы конструкторско-технологического проектирования корпуса распылителя в среде "Компас-автопроект".	13
2. Домюца П.А., Степанов А.В. Моделирование термокинетических и фазовых превращений в конструкционных сталях.	14
3. Воробьев К.Н., Степанов А.В. Автоматизация построения управляющих программ для токарных станков с числовым программным управлением.	15
4. Ерамасова Ю.В., Макарова Е.И. Автоматизация процессов гофротарного производства.	17
5. Жукова Н.М., Козлов Л.А. Автоматизация многопосылочных дедуктивных схем по логике Л. Кэрролла	18
6. Шило О.П., Левкин И.В. Автоматизация конструкторской подготовки производства в отделе главного металлурга ОАО "Алтайдизель" в среде T-FLEX.	19
7. Дубровина И.С., Левкин И.В. Формирование архива интерактивных документов на этапе конструкторской подготовки производства ОАО "Сибэнергомаш"	20
8. Березовская Т.П., Макарова Е.И. Разработка подсистемы конструкторско-технологического проектирования корпусов форсунок в среде "Компас/автопроект".	21
9. Базелюк Н.Ю., Левкин И.В. Управление персоналом инженерного центра на основе базы знаний.	22
10. Банникова Н.И., Левкин И.В. Разработка учебной САПР с использованием CAD/CAE/CAM систем	24
11. Афанасьев А.В., Левкин И.В. Моделирование физических процессов при коротком замыкании	24
12. Сазанов М.В., Чумаков И.А. Подсистема контроля и учета работы коксовой машины.	25
13. Гемпель М.В., Левкин И.В. Учебная САПР технической подготовки машиностроительных изделий	27
14. Губарева А.А., Левкин И.В. Автоматизация построения моделей зданий административно-производственного комплекса ОАО «СЭМ»	29

15. Степанов А.В. Некоторые вопросы информационной безопасности	30
16. Русаков В.И., Лопухова Н.Г. Моделирование равномерного распределения нагрузки на прокладку газового стыка дизеля с использованием CAD CAE систем	33
17. Бочаров И.А., Лопухов В.М. Автоматизированный расчет напряженно-деформированного состояния коленчатого вала дизеля	34

Секция «Технология автоматизированных производств»

1. Бадулина О.С., Ситников А.А. Механическая обработка плазменных покрытий.	36
2. Бадулина О.С., Ситников А.А. Особенности выбора инструментального материала для обработки плазменных покрытий.	36
3. Бессергенов А.С., Федоров Ю.В. Профилографирование рельефа абразивной поверхности.	37
4. Бессергенов А.С., Щербаков Н.П. Влияние правки на микрорельеф шлифовального круга.	38
5. Бондарь Е.Б., Аскалонова Т.А. Методы отделочной обработки поршневых колец двигателей внутреннего сгорания.	39
6. Воронцов Д.С., Фёдоров Ю.В. Передача информации о металлорежущем инструменте в САПР технологических процессов из трехмерной модели.	39
7. Воронцов Д.С., Щербаков Н.П. Экспертные системы в САПР технологических процессов.	40
8. Захаров В.Ю., Черепанов А.А. Управление точностью обработки поверхностей маложестких деталей.	41
9. Захаров В.Ю., Щербаков Н.П. Обоснование проектирования новой станочной оснастки для изготовления тонкостенных деталей.	42
10. Игнатенков И.Ю., Аскалонова Т.А. Определение геометрии зёрен на рабочей поверхности алмазных брусков.	43
11. Игнатенков И.Ю., Щербаков Н.П. Целесообразность применения САПР при проектировании режущего инструмента.	44
12. Логвиненко В.В., Хоменко В.А. Состояние вопроса о зоне контакта втулок, запрессованных в корпус с последующим дорнованием.	44
13. Некрасов В. Н., Леонов С. Л. Математическое моделирование процесса шлифования.	45
14. Синельников Е. С., Щербаков Н.П. Автоматизированное проектирование технологии изготовления режущего инструмента.	46
15. Синельников Е. С., Фёдоров Ю.В. Особенности стружкообразования при сверлении эжекторными сверлильными головками.	47
16. Чванов А.Ю., Щербаков Н.П. Применение смазочно-охлаждающих жидкостей при абразивной обработке.	47
17. Смирнов Е.В., Леонов С.Л. Прогнозирование автоколебаний при точении.	48
18. Филиппов А.Н., Аскалонова Т.А. Совершенствование отделочных методов обработки коленчатых валов тракторных двигателей.	50

Секция «Технология машиностроения»

1. Алешин А.В., Хоменко В.А. Влияние угла заборного конуса на величину контактного давления.	51
2. Бибииков Е.В., Дятчин Н.И. Совершенствование технологии обработки глубоких точных отверстий инструментами одностороннего резания.	51
3. Ворожко А.А., Фёдоров В.А. Особенности расчёта шероховатости поверхности детали с плазменным бронзовым покрытием полученной методом обкатки.	52
4. Гаврилов В.М., Панов А.А. Явления технологической и эксплуатационной наследственности поршневых колец.	53

5. Зиннер А.А., Балашов А.В. Многокритериальная оптимизация режимов механической обработки посредством функционально-стоимостного проектирования	54
6. Зюбина О.А., Роговой В.М. Изменение размеров отверстий тонкостенных втулок в прессовых соединениях.	56
7. Зюбина О.А., Роговой В.М. Упрочнение прессовых соединений с помощью перераспределения напряжений.	57
8. Иконников А.М., Леонов С.Л. Распределение магнитного поля в рабочем зазоре при магнитно-абразивной обработке.	58
9. Иконников А.М., Фёдоров В.А., Хоменко В.А. Устройство для магнитно-абразивной обработки сложнопрофильных поверхностей.	59
10. Кивушкина М.Н., Марков А.М. Проблемы оптимизации режимов резания для фрезерных станков с ЧПУ.	60
11. Кряжев Д.Ю., Даниленко Б.Д., Кряжев Ю.А. Повышение эстетического качества – важное условие конкурентоспособности изделий отечественной инструментальной промышленности.	61
12. Ларионова Н.В., Панов А.А. Повышение эффективности сборочных процессов при использовании вероятностных расчётов в компенсационных методах.	61
13. Неверова Е.Б., Балашов А.В. Формирование размерных связей при изготовлении валов на станках с ЧПУ.	62
14. Попов Д.С., Татаркин Е.Ю. Управление процессом формообразования при точении нежестких валов.	63
15. Симонов К.Г., Татаркин Е.Ю. Точность обработки нежестких деталей при плоском шлифовании.	64
16. Скворцов Е.Ю., Панов А.А. Выбор параметра непосредственного контроля точности формы поршневого кольца.	65
17. Скляр А.А., Марков А.М. Точность изготовления пространственно сложных поверхностей на фрезерных станках с ЧПУ.	65
18. Ульянов Д.В., Татаркин Е.Ю. Обзор основных способов обработки деталей класса нежестких валов.	66
19. Хоменко В.В., Татаркин Е.Ю., Роговой В.М. Результаты внедрения технологического процесса формообразования узла крепления в тонколистовом материале на производстве.	67
20. Хоменко В.В., Леонов Г.Н. Моделирование формообразования узлов крепления в тонкостенных деталях в процессе пластического сверления.	67
21. Кряжев Д.Ю., Даниленко Б.Д., Кряжев Ю.А. Классификация требований, предъявляемых к поверхностным упрочнениям на режущем инструменте.	68
22. Чернигина Е.М., Лабецкий В.М. Резервы повышения точности при активном контроле на операциях круглого шлифования.	70
23. Буканова И.С., Ятло И.И. О качестве прессовых соединений, полученных дорнованием отверстий охватываемых деталей.	71
24. Токмин А.Н., Леонов А.М. Выбор вариантов обработки соосных ступенчатых отверстий в корпусных деталях на многоцелевых станках.	72
25. Бобков С.А., Ятло И.И. Применение комбинированной обработки при резании труднообрабатываемых пластичных материалов.	73
26. Бочкарев Ю.Д., Ятло И.И. упрочнение неподвижных соединений типа «втулка–корпус» поверхностным пластическим деформированием.	74
27. Макаль С.Ю., Ятло И.И. Расчет глубины упрочнённого слоя при тонком точении предварительно упрочнённого металла.	76
28. Семёнов А.В., Ятло И.И. Исследование влияния технологии сборки прессовых соединений с использованием поверхностного пластического деформирования на их статическую прочность.	77
29. Баранов М.А. Дубов Е.А. Дятлова И.В. Черных Е.В. Анизотропия межатомных взаимодействий и упругость ГПУ металлов	78