ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ И.С. ТУРГЕНЕВА»
ПОЛИТЕХНИЧЕКИЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ Н.Н. ПОЛИКАРПОВА

Кафедра машиностроения

О.В. Иванова

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Методические указания
по проведению практических занятий

Дисциплина – «Тенденции развития технологии машиностроения»
Специальность – 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов»
Направление – 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Орёл
ОГУ имени И.С. Тургенева
2019

Автор: канд. техн. наук, доц. каф. машиностроения О.В. Иванова

Рецензент: д-р техн. наук, проф. каф. машиностроения А.С. Тарапанов

Методические указания по проведению практических занятий направлены на закрепление знаний, умений и навыков в области современных направлений развития технологии машиностроения, обеспечивающих объединение технологий проектирования, изготовления и эксплуатации машин, обеспечивающих достижение качества, требуемую производительность и экономическую эффективность.

Предназначены для студентов очной формы, обучающихся по специальности 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов» и направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», изучающих дисциплину «Тенденции развития технологии машиностроения»

Редактор Т.Н. Шаблинская
Технический редактор О.Н. Федоров

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный университет имени И.С.Тургенева»

Подписано к печати 16.01.2019 г. Формат 60×90 1/16.
Усл. печ. л. 3,4. Тираж 10 экз.
Заказ №_____

Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе ОГУ имени И.С. Тургенева
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95.

© Иванова О.В.,2019
© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Общие методические указания по проведению практических занятий....4
Практическое занятие №1. История развития металлообработки в древности....4
Практическое занятие №2. История развития металлообработки в Средние века и Новое время....8
Практическое занятие №3. Перспективы развития металлообработки и технологии машиностроения....11
Практическое занятие №4. Определение типа производства....19
Практическое занятие №5. Концентрация и дифференциация технологического процесса....23
Практическое занятие №6. Влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей....27
Практическое занятие №7. Характеристики параметров точности обработки....33
Практическое занятие №8. Характеристики параметров шероховатости поверхности....38
Практическое занятие №9. Методы и особенности лезвийной обработки. Ч.1....43
Практическое занятие №10. Методы и особенности лезвийной обработки. Ч.2....48
Литература....52

Общие методические указания по проведению практических занятий

На практических занятиях студенты решают такие задачи как: изучение терминологии, категорий и теоретических основ современных технологических процессов в машиностроении; приобретение устойчивых знаний в области современных технологических процессов и практики их применения; формирование навыков по использованию современных технологических процессов при изготовлении деталей машиностроительного производства с учетом производительности, качества и экономичности; привитие способности к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта в области технологии машиностроения.

Работа на практическом занятии включает в себя следующие этапы:

1. Прочитайте теоретическую часть. (ОК-5)
2. Ответьте на контрольные вопросы. (ОК-5)
3. Выполните задание, получив исходные данные у преподавателя. (ОПК-3, ОПК-4)
4. Найдите 1-2 издания по теме занятия в следующих Интернет-ресурсах: (ОК-5, ПК-10)

1) Научная электронная библиотека elibrary https://elibrary.ru

2) Электронно-библиотечная система IPRbooks www.iprbookshop.ru

3) Издательский дом «Академия» www.academia-moscow.ru

4) Электронная библиотечная система «Консультант студента» http://www.studmedlib.ru/

5) Электронно-библиотечная система «Лань» https://e.lanbook.com/

6) РУКОНТ https://rucont.ru/

7) ЭБС «Юрайт» https://biblio-online.ru/

8) Национальная электронная библиотека нэб.рф

9) «Электронная библиотека образовательных ресурсов (ЭБОР)» http://elib.oreluniver.ru/

Практическое занятие №1. История развития металлообработки в древности

Цель и задачи занятия

Работа на практическом занятии позволяет студентам научиться работать с литературными источниками, раскрывать смысл читаемой информации (ОК-5), знакомит с основными и вспомогательными ма-

териалами для изготовления изделий машиностроительного производства (ПК-1).

История человеческой цивилизации тесно связана с историей добычи и обработки металлов. Очень давно, когда людям, уже научившимся обрабатывать камень, впервые попали в руки самородки меди, даже очень простые изделия из нее показались лучше и полезнее предметов, вытесанных из камня. Именно в процессе совершенствования навыков работы с металлом были созданы - поначалу примитивные, а впоследствии и более совершенные приемы металлообработки, ставшие базисом современной технологической культуры.

Значительная часть окружающих нас объектов материального мира создана из металлов. А все остальное, что к ним непосредственного отношения не имеет, было получено, изготовлено либо построено с использованием металлических станков, машин, инструментов и механизмов. Сегодня трудно себе представить жизнь населяющих Землю людей и устройство человеческого общества, если бы на планете не существовали металлы, или человек в свое время не научился их находить, добывать и обрабатывать.

Специалисты – историки, изучающие древний мир, полагают, что первыми металлами, которые попали в руки человеку, были золотые и медные самородки, а также метеоритное железо. Временной интервал, который много тысячелетий спустя ученые XIX столетия назвали медным веком, охватывает значительный исторический и

технологический период, пройденный человечеством - от первых экспериментов с найденными кусками самородной меди, до литья и ковки разнообразных предметов из металла, полученного из медной руды.

На различных континентах и в отдельных социумах человек научился работать с медью не одновременно, поэтому весь этот период историки датируют с запасом: V-III тысячелетиями до нашей эры. Не следует думать, что в это время уже произошел бурный расцвет технологий – в медном веке большая часть предметов быта и инструментов для обработки почвы по-прежнему изготавливалась из камня. Эпоха обработки меди только начиналась. Кроме того, изготовленные из меди предметы оказались слишком мягкими. Для украшений это не было недостатком, а вот медные орудия труда быстро деформировались и нуждались в восстановлении исходной формы при помощи ковки.

Сейчас можно только догадываться о том, какие эксперименты с огнем, кусками медной и оловянной руды привели древних людей к случайному созданию сплава, который оказался тверже обоих исходных металлов. Изготовленные из бронзы наконечники для стрел, топоры, иголки и другие инструменты ознаменовали наступление нового исторического и технологического периода в жизни человечества – бронзового века.

Первый социальный заказ - оружие, сельскохозяйственные орудия и украшения.

Найденные археологами предметы, изготовленные из бронзы, меди и золота, свидетельствуют о значительно возросшем к 13-11 векам до нашей эры уровне навыков и приемов работы древних людей с металлами. А обнаруженные при раскопках следы медных и оловянных рудников того периода – о существовании достаточно полного и совершенного комплекса добычи нужных металлов и их последующей обработки. Описывая данный период, историки смело употребляют современные термины – «металлургия», «импорт меди и бронзы», и это говорит о подлинном расцвете производства металлов и торговли между образовавшимися в то же время городами – государствами, и плотно заселенными провинциями.

Основными металлическими изделиями, востребованными обществом в конце бронзового века, были инструменты для обработки земли, дерева и камня, разнообразное оружие и украшения. Многократно возросший уровень знаний и практических навыков работы с металлами заложил основы дальнейшего развития металлургии и начала использования железа. Считается, что более мягкий, чем бронза, и подверженный ржавлению металл, люди начали использовать, так как почти опустошили найденные ими месторождения олова. Железная руда встречается намного чаще. Это и послужило отправной точкой совершенствования способов добычи железа, изготовления из него и последующего закаливания всех необходимых предметов.

Контрольные вопросы и задания

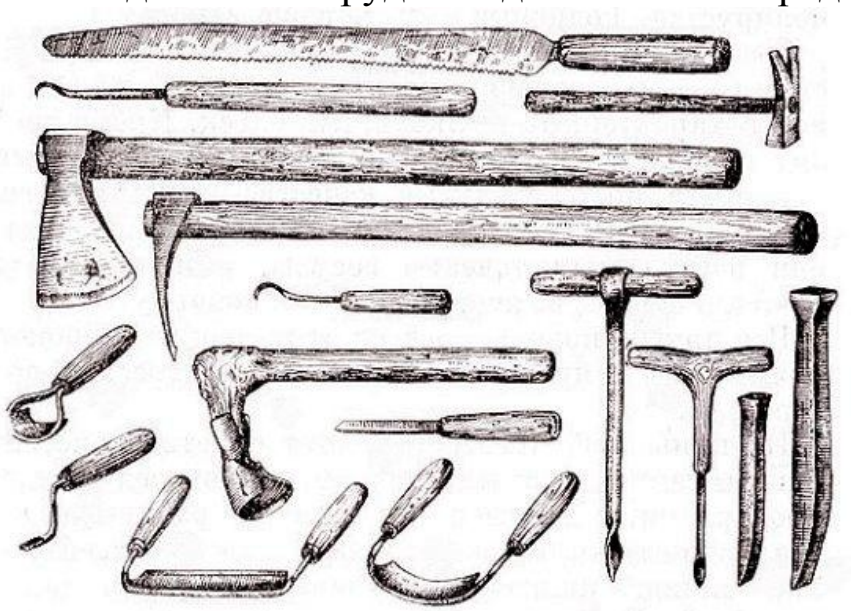
1. Назовите первые металлы, которые попали в руки человеку.
2. Какой первый металл научились обрабатывать люди?
3. Какой период времени называют «медным веком»?
4. Какой период времени называют «бронзовым веком»?
5. Какие предметы изготавливали из бронзы в «бронзовом веке»?
6. Назовите недостатки железа по сравнению с бронзой.
7. Найдите в интернете статьи, посвященные истории развития металлообработки в древности.

Практическое занятие №2.
История развития металлообработки в Средние века и Новое время

Цель и задачи занятия

Работа на практическом занятии позволяет студентам научиться работать с литературными источниками, раскрывать смысл читаемой информации (ОК-5), знакомит с основными и вспомогательными материалами для изготовления изделий машиностроительного производства (ПК-1).

Железный век пришел на смену бронзовому, и стал для человечества переходным периодом к открытию и началу повсеместного использования новых приемов обработки металлов. Люди уже дано освоили ковку, а теперь и примитивное литье металлических изделий, хотя эти способы не позволяли изготавливать все необходимые в быту и нужные для созидательной трудовой деятельности предметы.



Даже проблема чрезмерной мягкости железа при помощи многократного отжига и обогащения его углеродом была успешно решена – сначала некоторыми отдельными народами, а затем, с течением времени, этот способ распространился по всему миру. Однако для получения более совершенных изделий нужно было научиться делать в железных предметах отверстия. Частично эта проблема решалась в процессе литья, но этим способом было невозможно обеспечить точные отверстия небольшого размера.

Сверлить камень научились еще в Древнем Египте. Высеченные из кремня первобытные сверла успешно справлялись с этой задачей,

но для сверления отверстий в металле они не годились. Намного позднее сверла в виде острого пера стали изготавливать способом ковки. Первобытное приспособление для сверления отверстий напоминало современный коловорот, который для большей эффективности утяжелялся мешками с песком. Но металлические спиральные сверла, частично напоминающие современные, научились изготавливать методом ковки только в Средние века.

Кроме сверления отверстий, в процессе изготовления металлических предметов нужно было научиться чисто обрабатывать их поверхность, которая после литья в простейшие формы редко получалась достаточно гладкой. Прогресс неуклонно подталкивал людей к необходимости обработки металлических заготовок при помощи режущих инструментов, изготовленных из более твердого металла. Но до появления способов обработки вращающихся металлических деталей при помощи резца должно было пройти немало времени. Хотя начальные прототипы токарных станков, на которых можно было обрабатывать - пока только деревянные детали, существовали уже тогда.

Пытливый ум и техническая сметка русского человека проявились задолго до того, как возникло понятие «техника». Исторические данные свидетельствуют, что еще в X веке на Руси умели изготавливать разнообразные металлические предметы быта, оружие и несложный хозяйственный инвентарь. Всего через несколько веков, когда формировались первые российские оружейные династии, для изготовления стволов уже тогда применялись простейшие станки с ручным приводом для сверления и токарных работ.

Не отставая от иностранных коллег, российские мастера еще в XV веке подключили свои станки к водяным мельницам, поручив воде вращать заготовки, закрепленные в токарном станке, и прообраз винтового сверла в сверлильном. Спустя почти два с половиной столетия революционный вклад в разработку принципов устройства токарных станков внес талантливый российский ученый Андрей Константинович Нартов – член Академии Наук, состоявший в чине статского советника.

В начале XVIII века, вернувшись из очередной заграничной поездки, царь - реформатор Петр I создал «царевы» токарные мастерские, руководить которыми назначил А.К.Нартова. Имея под рукой все наиболее совершенное, по меркам тех дней, оборудование, Андрей Константинович изобрел – ни много ни мало – механизирован-

ный суппорт токарного станка, конструкция которого без особых изменений используется и поныне.

До этой разработки токарю приходилось удерживать и перемещать резец вдоль обрабатываемой детали вручную. Суппорт Нартова не только решил эту проблему, но и за счет управляемого перемещения инструмента позволил выполнять на станках нарезку резьбы и зубьев шестерен. Значение этого изобретения для эволюции металлообработки трудно переоценить, и оно по праву входит в перечень технических новаций, оказавших существенное влияние на развитие производственных возможностей человечества.

Примерно в те же годы во весь голос заявили о себе и тульские оружейники. Талантливый механик – самоучка по фамилии Сидоров создал мощный агрегат, позволявший с большой точностью высверливать ружейные стволы. Его приводила в действие водяная мельница. Взяв разработку Сидорова за основу, не менее выдающийся механик и оружейных дел мастер Яков Батищев создал конструкцию станка, который мог сверлить стволы для 24 ружей одновременно

Контрольные вопросы и задания

1. Какие новые приемы обработки металлов появились в «железном веке»?
2. Как решалась проблема сверления отверстий?
3. Когда на Руси начали изготавливать разнообразные металлические предметы быта, оружие и несложный хозяйственный инвентарь?
4. Какое оборудование применяли первые российские оружейные династии для изготовления стволов?
5. Какое изобретение и когда сделал А.К.Нартов?
6. Что изменило это изобретение в технологии металлообработки того времени?
7. Какой вклад внесли Сидоров и Батищев в оружейное производство?
8. Что такое суппорт, из чего он состоит и какие суппорты различают?
9. Найдите в интернете изображение, описание устройства и назначения суппорта токарного станка.

Практическое занятие №3.
Перспективы развития металлообработки и технологии машиностроения

Цель и задачи занятия

Работа на практическом занятии знакомит студентов с основными и вспомогательными материалами для изготовления изделий машиностроительного производства и методикой рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах (ПК-1); учит использовать современные информационные технологии и прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности (ОПК-3); дает знания о методах и средствах оптимального решения проблем на машиностроительном производстве (ОПК-4); об основных технологиях, системах и средствах машиностроительных производств (ПК-16).

Увеличение производительности и эффективности производств

Существует целый ряд направлений, инновации в которых появлялись и будут появляться регулярно, особенно с учетом высокой скорости прогресса в области компьютерных технологий. Часть из этих направлений находится пока в стадии разработки, другие - проходят апробацию, третьи же начинают постепенно внедряться в производство. К последним можно отнести исследования в области достижения более высокого КПД оборудования; создание новых систем автоматизированного проектирования; разработка механизмов и аппаратов, уменьшающих вмешательство человека или вообще исключающих человеческий фактор из процессов металлообработки.

Новые системы автоматизированного проектирования (САПР)

Развитие САПР сегодня происходит путем реализации комплексного подхода к максимальной автоматизации процессов проектирования на всех уровнях. Также упрочняется и расширяется связь процессов проектирования с процессами изготовления конструкций. Следует также работать над возможностью усовершенствования систем, поскольку прогресс в области вычислительной техники, оборудования для производства вычисляемых конструкций, а также сами конструкции со временем эволюционируют. Поэтому должна обеспечиваться согласованная работа всех элементов автоматизированных систем, причем желательно добиваться того, чтобы это происходило

без вмешательства человека в процессы обработки массивов информации при переключении с одного этапа проектирования на другой.

До недавнего времени программа AutoCAD считалась лидером в этой области. Однако сейчас идет активная работа по созданию новых, более совершенных программ, в частности способных не только служить «электронным кульманом», но и рассчитывать динамические и статические нагрузки, которые будет испытывать проектируемые конструкции. Одной из таких систем стала APM WinMachine. Эта САПР позволяет создать узлы и конструкции, оптимальные по заданным параметрам, благодаря различным модулям, к примеру APM Structure3D. Кстати, APM WinMachine разработана отечественной компанией - НТЦ АПМ.

Модуль APM Structure3D позволяет выполнять расчеты таких параметров, как величины деформации и напряжений в любой точке программируемой системы или узла; стабильность отдельных элементов и всей конструкции в целом; динамические характеристики механических колебаний (вынужденных и собственных). Расчеты могут вестись как для стабильно нагруженных конструкций, так и для систем с переменным нагружением.

Внедрение таких систем позволяет упростить работу конструкторов и проектировщиков, исключить ошибки, ускорить процессы создания новых узлов, деталей и массивных конструкций, разработать изделия и документацию в соответствии со стандартами РФ. Благодаря тому, что САПР теперь разрабатываются и в нашей стране, их использование дает существенную экономию на приобретении программного обеспечения. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что отечественные системы автоматизированного программирования в ближайшее время начнут активно вытеснять импортные аналоги.

Автоматизация производств

Современная промышленность неуклонно наращивает производительность. Высокие скорости различных процедур металлообработки, повышенные требования к точности обработки и качеству изделий – все это приводит к тому, что производство становится более автоматизированным. Для того, чтобы минимизировать участие человека в процессах изготовления и обработки деталей и узлов, передав ему только управляющие функции, инженерная мысль движется в направлении роботизации. Уже сейчас действуют полностью автоматизированные системы обработки деталей, так называемые обрабаты-

вающие центры, выполняющие различные процедуры, например, токарно-фрезерные центры с ЧПУ, роботы для сварки. Однако на этом изобретатели не останавливаются.

Процессы роботизации и автоматизации, осуществляемые такими компаниями, например, как FANUC или «ФАМ-Роботикс» решают любые производственные задачи путем создания оборудования, управляемого дистанционно с компьютеров, с помощью программного обеспечения. Оснащение производств таким оборудованием означает уменьшение затрат на обслуживание и наладку. Соответственно, в связи со все возрастающей сложностью оборудования, возрастают требования к квалификации персонала. Это влечет за собой необходимость в обучении кадров, повышении их уровня знаний.

Интеграция промышленных роботов в производство, при кажущейся затратности, окупает себя в крупносерийном изготовлении деталей, а также в процессах металлообработки. Например, сварка с помощью промышленных роботов FANUC может осуществляться с гораздо большей скоростью, нежели вручную. Кроме того, сварка происходит по всем осям, перемещение по которым происходит в том порядке, который задан оператором. Энергоемкость таких процессов существенно ниже, а производительность – выше, чем при ручном способе. Быстрое переключение с одной операции на другую позволяет экономить рабочее время. Около 70% эффекта от автоматизации и роботизации производства происходит благодаря увеличению производительности и гибкости, и остальные 30% поровну делят между собой повышение качества и снижение процента брака (15%), а также экономия фонда оплаты труда (15%). Плюсом автоматизации также является то, что задачи людей, работающих на производстве, как и объема работ, уменьшаются, вследствие чего улучшаются условия труда и найма персонала становится гораздо проще. Благодаря роботизации можно нарастить производственные мощности, поскольку автоматизированные линии занимают намного меньше площади.

Выгоды, получаемые в результате автоматизации крупных предприятий, настолько очевидны, что в ближайшие два – три года стоит ожидать увеличения количества производств, полностью или частично роботизированных. Поскольку конкуренция в сфере металлообработки достаточно высока и постепенно сегмент низкопроизводительных предприятий уменьшается, а крупные игроки в этой области активно развиваются, будет с большой долей вероятности проис-

ходить и рост числа компаний, предлагающих услуги по автоматизации и роботизации металлообрабатывающих заводов.

Высокопрочные стали

Режущие инструменты в процессах металлообработки подвергаются сильному износу. Изнашиваются также и движущиеся части обрабатывающих станков и другого оборудования, работающего на высоких скоростях или с заготовками большой массы. Повышение прочности стали, из которой изготавливаются эти части, относится к наиболее проблемным вопросам современной инженерии. Поверхностное упрочнение лишь отчасти решает эти проблемы, поэтому уже не первое десятилетие ученые всего мира бьются над вопросом увеличения прочности сталей.

Производство высокопрочных сталей обычно ведет к ухудшению пластичности и неспособности сопротивляться хрупкому разрушению. Поэтому разработки в области повышения надежности сталей направлены на решение комплексных проблем – корреляции механических характеристик и эксплуатационных условий. Основными параметрами, по которым оцениваются высокопрочные стали являются два показателя – предел текучести и трещиноустойчивость (вязкость разрушения).

Одним из самых простых методов создания высокопрочных сталей является наклеп. Такая процедура применяется, например, в случае с высокомарганцевой сталью, которая содержит до 13% марганца в своем составе. Прочность этой стали, из которой производят в основном звенья гусениц, железнодорожные крестовины и т. д., сама по себе низкая – до 200 НВ. Путем наклепа прочностный показатель можно увеличить до 600 НВ. Казалось бы, - чего больше? Метод простой, а сталь – прочная и устойчивая к износу. Однако это – только на первый взгляд. Увеличивая прочность таким способом, искусственно снижают предел текучести, и сталь становится непригодной для обработки гибкой, сваркой.

ТРИП – стали (Transformation-Induced Plasticity) являются одной из разработок прошлого столетия. Для получения этой стали в качестве легирующего элемента вводится кремний. Пластичность этих сталей искусственно повышалась в два раза по сравнению с обычными высокопрочными сталями за счет деформации. Сейчас ей на смену приходят Twinning-Induced Plasticity (ТВИП) стали, легированные марганцем. Их пластичность увеличивается благодаря двойникованию - под действием внешних сил, направленных по касательной.

Производство таких сталей обходится дешевле и свойства их оставляют далеко позади ТРИП-стали.

На отечественный рынок поступает в последнее время сталь Hardox производства компании SSAB Oxelosund AB. Она постепенно отвоевывает позиции у отечественных высокопрочных сталей за счет своих характеристик. Эта сталь может быть подвергнута металлообработке гибкой, свариванием и другими способами без потери физических свойств. По шкале Брюннеля Hardox может достигать твердости до 600HB. Сварку и резку листов из стали этой марки можно вести любыми способами – газопламенной, плазменной, электродуговой, лазерной.

Направление создания высокопрочных стальных сплавов активно разрабатывается и в отечественной металлургии. Пока что эти стали используются для создания горной и строительной техники, упрочнения автомобильных кузовов и намного реже – для изготовления деталей станков и оборудования. Можно предположить, что современный рынок черных металлов постепенно будет расширяться и дополняться за счет открытия и внедрения новых способов упрочнения инструментальных сталей. А обработка металлов с помощью инструмента, изготовленного из таких составов, станет еще более эффективной и производительной.

Волоконный лазер

Казалось бы, еще не так давно самым перспективным методом металлообработки считалась плазменная обработка. Потом ее сменили лазерные устройства. И вот появился волоконный лазер. Это устройство состоит из трех основных элементов: резонатора, световода и модуля накачки. Отличие данного типа лазеров от обычных заключается в наличии световода, по которому проходит лазерный луч. Световод обеспечивает сохранение мощности излучения без значительных потерь. Генерация излучения происходит в волокнах, что исключает сложные схемы заведения луча.

В отличие от обычных лазеров, волоконный лазер устойчив к вибрациям. Другим достоинством волоконного лазера является качественное охлаждение, компактные размеры устройства, устойчивость кремниевого волокна к повышенной температуре. Эти преимущества достигаются за счет маленького соотношения объема резонатора к его площади. С помощью лазера можно осуществлять гравировку, резку и сварку металлов. Особенно эффективны волоконные лазеры в тех отраслях, где требуется изменение оптических свойств поверхно-

сти материала без деформации внутренней структуры. Сварка нержавеющей стали для электронных и медицинских приборов, где толщина металла составляет всего десятки миллиметров – одно из наиболее частых применений этой инновации.

Надежды на то, что волоконная лазерная обработка металла в ближайшем будущем постепенно вытеснит обычную, дают следующие преимущества:

• - меньшее энергопотребление;

• - отсутствие необходимости в газовой среде;

• - простота юстировки;

• - даже на воздухе получается отличное качество обработки;

• - отсутствие термических повреждений материала в зоне вне действия волоконного лазера;

• - неприхотливость к условиям работы (загрязнённость, вибрации, влажность, качество газов и т. д.);

• - необслуживаемый лазерный источник с временем наработки достигающим 100 000 часов;

• - низкие эксплуатационные расходы;

• - более тонкий рез, в сравнением с газовыми лазерами CO2, соответственно низкие выбросы рабочих газов и экономия металла из-за более эффективной раскладке;

• - отсутствие эффекта расфокусировки луча из-за отсутствия потерь в световоде;

• - низкие эксплуатационные расходы - благодаря высокому КПД, низкой стоимости и редкой замене расходных материалов, использования недорогих газов;

• - широкий перечень применения – резка, сварка, наплавка, напыление, гравировка, маркировка, цветная маркировка, упрочнение;

• - возможность масштабирования мощности источника лазера за счет увеличения числа кластеров светодиодов.

Пока что у этой технологии есть недостатки по сравнению с твердотельным лазером. Они заключаются в том, что в спектральном промежутке от 0,7 до 1 мкм твердотельные лазеры оказываются более эффективными. Кроме того волоконные лазеры не дают такой высокой стабильности поляризации в случаях, где использование волокон, сохраняющих поляризацию предоставляет проблемы. В этих направлениях инженерам еще предстоит работать. Однако уже сейчас волоконные лазерные технологии выигрывают в тех случаях, когда необ-

ходимо использовать длины волн, для которых отсутствуют приемлемые активные среды. Также волоконная лазерная металлообработка не требует наличия зеркал, что упрощает конструкцию и снижает погрешности при проведении различных операций. С учетом всего вышесказанного есть все основания полагать, что эта технология в скором времени найдет свое применение в двух – и трехмерной сварке, наплавлении металлов, повышении прочности, металлозащите и др.

Нанопокрытия с высокой износостойкостью

Упрочнение поверхностного слоя изделий при одновременной тонкости упрочняющего слоя – та область, которая начала развиваться еще в семидесятых годах прошлого века и не останавливается в своем прогрессе до сих пор. Поэтому можно ожидать, что в ближайшем будущем, а именно – в течение грядущего десятилетия, возникнут новые покрытия. Уже сегодня активно набирают обороты применения технологий такого типа (нанопокрытий), в частности, Chemical Vapor Deposition (CVD), Physical Vapor Deposition (PVD) и Diamond Like Coatings (DLC).

Chemical Vapor Deposition – процесс получения покрытия, обладающего высокой устойчивостью к износу, путем химического осаждения из парогазовой среды. Осуществляется этот процесс при температурах порядка 1000 °С. Технология CVD используется в первую очередь для получения режущих инструментов с повышенной стойкостью к истиранию. Сегодня, в отличие от первых разработок, CVD-покрытия многослойные, что позволяет улучшить адгезию и не снижать прочность основного металла режущего инструмента. Первый слой таких покрытий состоит из карбида титана, второй – из оксида алюминия, третий – из нитрида титана. Оксид алюминия (аналог корунда) служит для уменьшения воздействия высоких температур на поверхность, ухудшающего физические качества металла основы.

Конденсация с ионной бомбардировкой (КИБ), или Physical Vapor Deposition (PVD) также появилась в прошлом веке, но на десять лет позже, чем химическая конденсация. Это покрытие состоит из TiN (нитрида титана). Способ, применяемый в металлообработке PVD, позволил избавиться от недостатков, которые присущи CVD-обработке. Таким образом, получаются покрытия, которые не только обладают высокой адгезией, но и могут наноситься на режущие кромки. Среди достоинств этих покрытий можно назвать также меньшую температуру, при которой происходит процесс нанесения

(около 500 °С). Кроме того, карбидно-титановые нанопокрытия могут обладать большей толщиной и применяться как на быстрорежущих, так и на других видах сталей. Наиболее перспективным нанопокрытием сейчас можно считать покрытие TiNAl.

Разновидностью PVD-покрытий является Diamond Like Coatings. При создании таких нанопленок используется не титан, а углерод. По своей структуре эти пленки сходны с алмазом и обладают высокой устойчивостью к истиранию, которая превышает в 50 раз другие вышеописанные методы. Но из-за неустойчивости к окислению и низкой температурной стабильностью при температурах, превышающих 300 °С, применение PVD в металлообработке ограничено инструментом, предназначенным для резки силумина и алюминия. Возможно, в ближайшие годы инженеры-технологи найдут способы преодоления этих недостатков.

Другие перспективные методы металлообработки

Среди технологий, которые становятся все более популярными и имеют перспективы в металлообработке, можно назвать такие как газотермическое напыление керамических, металлических и композиционных покрытий; плазменная модификация, повышающая твердость, антикоррозионные свойства и износостойкость низкоуглеродистых сталей; вакуумное упрочняющее покрытие, наносимое способом ионно-плазменного напыления; высокочастотное плазменное напыление и т. д. С появлением новых материалов и удешевлением производства аппаратуры, эти способы также могут занять достойное место в металлообрабатывающей отрасли.

Контрольные вопросы

1. Что такое САПР?
2. Какая САПР позволяет создать узлы и конструкции, оптимальные по заданным параметрам, благодаря различным модулям?
3. Какие расчеты позволяет выполнять модуль APM Structure3D ?
4. Перечислите преимущества применения САПР в работе конструкторов и проектировщиков.
5. Какое направление развития производства позволяет минимизировать участие человека в процессах изготовления и обработки деталей?
6. Какие особенности имеет сварка с помощью промышленных роботов?

7. Благодаря чему достигается эффект от автоматизации и роботизации производства (в процентном соотношении)?
8. Какие проблемы помогает решить повышение прочности стали?
9. К каким недостаткам обычно приводит производство высокопрочных сталей?
10. Что такое ТРИП – стали? Их свойства.
11. Что такое ТВИП – стали? Их свойства.
12. Из чего состоит волоконный лазер?
13. Применение волоконного лазера.
14. Назовите технологии получения нанопокрытий с кратким описанием каждой из них.

Практическое занятие №4. Определение типа производства

Цель и задачи занятия

Работа на практическом занятии дает знания о методах и средствах оптимального решения проблем на машиностроительном производстве (ОПК-4); об основных технологиях, системах и средствах машиностроительных производств (ПК-16).

Тип производства — это комплексная характеристика технических, организационных и экономических особенностей машиностроительного производства, обусловленная его специализацией, типом и постоянством номенклатуры изделий, а также формой движения изделий по рабочим местам.

Тип производства определяется следующими факторами:

- номенклатурой выпускаемых изделий;
- объемом выпуска;
- степенью постоянства номенклатуры выпускаемых изделий;
- характером загрузки рабочих мест.

В зависимости от уровня концентрации и специализации различают три типа производств:

- единичное;
- серийное;
- массовое.

По типам производства классифицируются предприятия, участки и отдельные рабочие места.

Тип производства предприятия определяется типом производства ведущего цеха, а тип производства цеха — характеристикой участка, где выполняются наиболее ответственные операции и сосредоточена основная часть производственных фондов.

Отнесение завода к тому или иному типу производства носит условный характер, поскольку на предприятии и даже в отдельных цехах может иметь место сочетание различных типов производства.

Единичный тип производства

Единичное производство — представляет собой форму организации производства, при которой различные виды продукции изготавливаются в одном или нескольких экземплярах (штучный выпуск).

Основные особенности единичного производства заключаются в том, что программа завода состоит обычно из большой номенклатуры изделий различного назначения, выпуск каждого изделия запланирован в ограниченных количествах. Номенклатура продукции в программе завода неустойчива. Неустойчивость номенклатуры, ее разнотипность, ограниченность выпуска приводят к ограничению возможностей использования стандартизованных конструктивно-технологических решений. В этом случае велик удельный вес оригинальных и весьма маленький удельный вес унифицированных деталей.

Каждая единица конечной продукции уникальна по конструкции, выполняемым задачам и другим важным признакам.

Производственный процесс изготовления продукции носит прерывный характер. На выпуск каждой единицы продукции затрачивается относительно продолжительное время. На предприятиях применяется универсальное оборудование, сборочные процессы характеризуются значительной долей ручных работ, персонал обладает универсальными навыками.

Распространено в тяжелом машиностроении (производство крупных машин для черной металлургии и энергетики), химической промышленности, в сфере услуг.

Цехи заводов единичного производства обычно состоят из участков, организованных по технологическому принципу. Значительная трудоемкость продукции, высокая квалификация привлекаемых для выполнения операций рабочих, повышенные затраты материалов, связанные с большими допусками, обусловливают высокую себестоимость выпускаемых изделий. В себестоимости продукции

значительный удельный вес имеет заработная плата, составляющая нередко 20 — 25% от полной себестоимости.

Серийный тип производства

Серийное производство — это форма организации производства, для которой характерен выпуск изделий большими партиями (сериями) с установленной регулярностью выпуска.

Серийное производство — наиболее распространенный тип производства.

Характеризуется постоянством выпуска довольно большой номенклатуры изделий. При этом годовая номенклатура выпускаемых изделий шире, чем номенклатура каждого месяца.

Это позволяет организовать выпуск продукции более или менее ритмично. Выпуск изделий в больших или относительно больших количествах позволяет проводить значительную унификацию выпускаемых изделий и технологических процессов, изготовлять стандартные или нормализованные детали, входящие в конструктивные ряды, большими партиями, что уменьшает их себестоимость.

Серийный тип производства характерен для станкостроения, производства проката черных металлов и т.п.

Организация труда в серийном производстве отличается высокой специализацией. За каждым рабочим местом закрепляется выполнение нескольких определенных деталеопераций. Это дает рабочему хорошо освоить инструмент, приспособления и весь процесс обработки, приобрести навыки и усовершенствовать приемы обработки. Особенности серийного производства обуславливают экономическую целесообразность выпуска продукции по циклически повторяющемуся графику.

Подтипы серийного производства:

- мелкосерийное;
- серийное;
- крупносерийное.

Мелкосерийное тяготеет к единичному, а крупносерийное — к массовому. Это деление носит условный характер. Например, в соответствии с классификацией, предложенной Вудворд выделяются единичное и мелкосерийное производство (Unit Production), массовое (Mass Production) и непрерывное (Process Production).

Производство мелкосерийное является переходным от единичного к серийному. Выпуск изделий может осуществляться малыми партиями.

В настоящее время в машиностроении одним из конкурентных факторов стала способность фирмы изготовлять уникальное, зачастую повышенной сложности оборудование малой партией по спецзаказу покупателей.

Внедрение компьютеризации позволяет повысить гибкость производства и внести в мелкосерийное производство черты поточного производства. Например, появилась возможность изготовлять несколько типов изделий на одной поточной линии с затратой минимального количества времени для переналадки оборудования.

Крупносерийное производство является переходной формой к массовому производству.

В крупносерийном производстве выпуск изделий осуществляется крупными партиями в течение длительного периода. Обычно предприятия этого типа специализируются на выпуске отдельных изделий или комплектов по предметному типу.

Массовый тип производства

Массовое производство — представляет собой форму организации производства, характеризующуюся постоянным выпуском строго ограниченной номенклатуры изделий, однородных по назначению, конструкции, технологическому типу, изготовляемых одновременно и параллельно.

Особенностью массового производства является изготовление однотипной продукции в больших объемах в течение длительного времени.

Важнейшей особенностью массового производства является ограничение номенклатуры выпускаемых изделий. Завод или цех выпускают одно-два наименования изделий. Это создает экономическую целесообразность широкого применения в конструкциях изделий унифицированных и взаимозаменяемых элементов.

Отдельные единицы выпускаемой продукции не отличаются друг от друга (могут быть только незначительные отличия в характеристиках и комплектации).

Время прохождения единицы продукции через систему относительно мало: оно измеряется в минутах или часах. Число наименований изделий в месячной и годовой программах совпадают.

Для изделий характерна высокая стандартизация и унификация их узлов и деталей. Массовое производство характеризуется высокой степенью комплексной механизации и автоматизации технологических процессов. Массовый тип производства типичен для автомо-

бильных заводов, заводов сельскохозяйственных машин, предприятий обувной промышленности и др.

Значительные объемы выпуска позволяют использовать высокопроизводительное оборудование (автоматы, агрегатные станки, автоматические линии). Вместо универсальной оснастки используется специальная. Дифференцированный технологический процесс позволяет узко специализировать рабочие места посредством закрепления за каждым из них ограниченного числа деталеопераций.

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определение понятия «тип производства».
2. Какими факторами определяется тип производства?
3. Что представляет собой единичное производство?
4. Назовите основные особенности единичного производства.
5. Какой вид оборудования и квалификация персонала характерны для единичного производства?
6. В каких отраслях промышленности используют единичное производство?
7. Что обусловливает высокую себестоимость выпускаемых изделий в единичном производстве?
8. Как определяется и чем характеризуется серийное производство?
9. Для каких отраслей промышленности характерно серийное производство?
10. Перечислите подтипы серийного производства.
11. Дайте определение массового производства.
12. Какое оборудование используется в массовом производстве?
13. Для каких отраслей промышленности типично массовое производство?
14. Найдите в интернете информацию о каком-нибудь машиностроительном предприятии массового производства.

Практическое занятие №5. Концентрация и дифференциация технологического процесса

Цель и задачи занятия

Работа на практическом занятии дает знания о методах и средствах оптимального решения проблем на машиностроительном про-

изводстве (ОПК-4); об основных технологиях, системах и средствах машиностроительных производств (ПК-16).

В зависимости от разных производственных условий, в особенности от программ выпуска, процессы обработки одноименных и однотипных заготовок могут осуществляться различными способами.

Например, сверление нескольких отверстий в заготовке может производиться последовательно на одношпиндельном сверлильном станке, но при больших программах выпуска может оказаться экономичнее применить многошпиндельную сверлильную головку и производить одновременное сверление всех этих отверстий.

Ступенчатый вал может обрабатываться на токарно-центровом станке одним резцом путем последовательного обтачивания ступеней вала (в нескольких переходах), но при достаточных программах выпуска может оказаться экономичным применение многорезцового токарного станка для одновременного обтачивания всех ступеней вала несколькими резцами. При таком сосредоточении переходов, выполняемых одновременно, происходит *концентрация технологического процесса*.

При расчленении технологического процесса на отдельные операции, с малым числом простых переходов в каждой, имеет место *дифференциация технологического процесса*.

Степень концентрации технологического процесса зависит от многих факторов. К ним относятся следующие: программа выпуска деталей, их размеры и вес, условия и трудоемкость установки детали на станке, цена оборудования и оснастки, нужных для выполнения обработки при концентрированном технологическом процессе, и др.

Часто степень концентрации технологического процесса определяется наличным оборудованием, имеющимся в цехе.

При больших программах выпуска обычно характерна высокая степень концентрации операций (применение многорезцовых, многошпиндельных и многопозиционных станков, а также автоматических линий станков) и осуществление дифференциации технологического процесса на простейшие однопереходные и двухпереходные операции лишь при выполнении малотрудоемкой обработки простейших поверхностей (например, снятие фасок, подрезка торцов после обработки на токарных автоматах).

Трудно установить какие-либо общие правила для определения заранее той степени концентрации технологического процесса, кото-

рая должна быть принята при его разработке. Обычно лишь при самом проектировании технологического процесса определяются оптимальные решения задач правильного построения этого процесса.

Принцип дифференциации и концентрации операций

Дифференциация – разделение операций на более простые. *Концентрация* – объединение нескольких простых операций в одну более сложную.

Критерии оценки: количество предусмотренных в операции простых переходов.

Предел дифференциации – разделение процесса на такие операции каждая из которых будет состоять из одного простого перехода.

Предел концентрации – сосредоточение всей обработки детали в одной операции.

Виды концентрации операции:

1) последовательная – объединение операций в одну, когда переходы следуют один за другим без изменения последовательности и методов обработки. Применяется в единичном и мелкосерийном производствах, приборостроении в связи с тем, что передача деталей со станка на станок связана с большими затратами вспомогательного времени, повышение стоимости, снижение точности.

2) параллельные (технологические) – простые переходы совмещаются в сложные, то есть выполняются одновременно. Применяют в крупносерийном и массовом производствах, но требуют специального оборудования, инструмента оснастки, при этом сокращается основное время.

3) параллельно-последовательное – при наличии в операции несколько сложных переходов выполняемых последовательно, когда несколько установок заменяется позициями автоматической сменой инструмента, точность увеличивается, время установки инструмента тоже увеличивается. Применяют в крупносерийном и массовом производстве.

4) смешанное – концентрация представляет разновидность механической концентрации, когда в операции имеются и простые и сложные переходы.

С повышением степени концентрации операции можно выделить следующие достоинства:

1) уменьшение числа установок деталей, что существенно при обработке крупных деталей;

2) появляется возможность использовать станки повышенной производительности, специальные агрегатные станки, что важно при большой производственной программе;

3) сокращается длительность производственного цикла, так как с уменьшением числа операций уменьшается время пролеживания деталей.

4) упрощается планирование и учет производства, так как они ведутся по операциям.

С уменьшением степени концентрации:

1) упрощается наладка оборудования на каждой операции;

2) снижается квалификация работы;

3) создаются лучшие возможности для использования интенсивных режимов резания на каждом переходе.

Дифференциация операций технологична, легко осуществима, снижает требования к оборудованию, но усложняет планирование производства и требует увеличения площадей, занимаемых оборудование. Все ограничения по наивыгоднейшей концентрации операции связано с оборудованием, размерами и массой обрабатываемой детали. Повышение степени концентрации операции имеет пределы. В то же время дифференциация не всегда возможна из-за точности обработки. Изменением степени последовательной концентрации операций достигается перераспределение общей трудоемкости между операциями тех. процесса и сокращением вспомогательного времени. Параллельная и параллельно-последовательная концентрация операций выступает в качестве метода резкого повышения производительности обработки. Предел концентрации операций зависит от дробления процесса обработки на элементарные операции и одновременного выполнения этих операций на одном станке или автоматической линии.

Контрольные вопросы и задания

1. Раскройте понятие «концентрация технологического процесса».
2. Раскройте понятие «дифференциация технологического процесса».
3. От каких факторов зависит степень концентрации технологического процесса?
4. Что такое предел концентрации?
5. Что такое предел дифференциации?
6. Перечислите виды концентрации операций и при каких типах производства они применяются?

7. Что происходит с повышением степени концентрации?
8. Что происходит с уменьшением степени концентрации?
9. Перечислите достоинства и недостатки дифференциации операций.

Практическое занятие №6. Влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей

Цель и задачи занятия

Работа на практическом занятии позволяет овладеть навыками постановки взаимосвязанных целей и задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях при проектировании, моделировании машиностроительных изделий (ПК-3); дает знания об основных технологиях, системах и средствах машиностроительных производств (ПК-16).

В технологическом процессе изготовления изделия на каждой технологической операции происходит интенсивное физико-механическое воздействие на материалы деталей, узлов и сборочных единиц. Такое воздействие приводит не только к преобразованию полуфабрикатов в детали, но и к изменению свойств самих материалов. Это изменение свойств материалов характеризуется изменением численных значений различных показателей свойств материалов и деталей. Однако для каждой детали, сборочной единицы, узла и т.д. в нормативно-технической документации регламентируется только некоторая часть из этих показателей. Обычно это точность изготовления, некоторые механические характеристики, параметры поверхностного слоя и т.п.

Связь параметров качества и эксплуатационных показателей деталей.

Под качеством промышленной продукции понимают совокупность свойств продукции, обусловливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии со своим назначением.

Показатели качества изделия, установленные ГОСТ 15467-79, обычно разделяют на три группы: определяющие технический уровень, эксплуатационные и производственно-технологические.

К показателям, определяющим технический уровень, относят мощность, точность работы и производительность (например, стан-

ка), КПД, удельный расход горюче-смазочных материалов (например, двигателя), степень механизации и автоматизации, экономичность, экологичность и т.д.

Однако в машиностроении известно множество случаев, когда изделие стареет морально прежде, чем промышленность освоит его выпуск. Это значит, что показатели качества такого изделия уступают аналогичным показателям изделий-аналогов, производимых другими предприятиями и фирмами.

Относительными показателями качества изделий, характеризующими их технический уровень, считают количество энергии, расходуемой на выпуск единицы продукции, отношение массы транспортного средства к его грузоподъемности, удельный расход горючего (отношение объема истраченного топлива к пройденному пути) и др.

Показатели качества изделия с течением времени изменяются. В длительно работающем двигателе, например, возрастает расход топлива, а мощность его при этом падает; снижается точность металлорежущих станков, появляются утечки в гидроагрегатах и т. п.

Важнейшим эксплуатационным показателем качества изделия является надежность. Надежность - свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в определенных пределах в течение требуемого промежутка времени или наработки. Например, отечественные заводы гарантируют бесперебойную работу холодильников в течение трех лет; автомобилей - в течение одного года эксплуатации или 20 тыс. км пробега и т.д. Это значит, что в процессе наработки или в указанные периоды эксплуатации все показатели качества изделия должны находиться в пределах, указанных в гарантийных обязательствах.

Надежность машин во многом определяется прочностью и жесткостью их конструкций: правильным выбором схемы нагружения, рациональной расстановкой опор, приданием конструкциям жестких форм и т.п.

Надежность - это комплексный показатель, который в зависимости от назначения изделия и условий его эксплуатации может включать в себя безотказность, сохраняемость, ремонтопригодность и долговечность изделия и его частей.

Качество поверхности является одним из важнейших факторов, обеспечивающих высокие эксплуатационные свойства деталей машин и приборов, и обусловливается свойствами металла и методами обработки: механической, электрофизической, электрохимической,

термической и т. д. В процессе механической обработки (резание лезвийным инструментом, шлифование, полирование и др.) поверхностный слой деформируется под действием нагрузок и температуры, а также загрязняется примесями (частицы абразива, кислород) и другими инородными включениями.

Геометрические характеристики качества поверхности показаны на *рис.6.1* в порядке уменьшения их абсолютных величин: отклонения формы (макрогеометрия); волнистость; шероховатость (микрогеометрия); субмикрошероховатость. В отдельных случаях волнистость может быть больше погрешности формы, а шероховатость больше волнистости. Волнистость занимает промежуточное положение между шероховатостью и погрешностями формы поверхности. Критерием для их разграничения служит отношение шага S к высоте неровностей *R*.

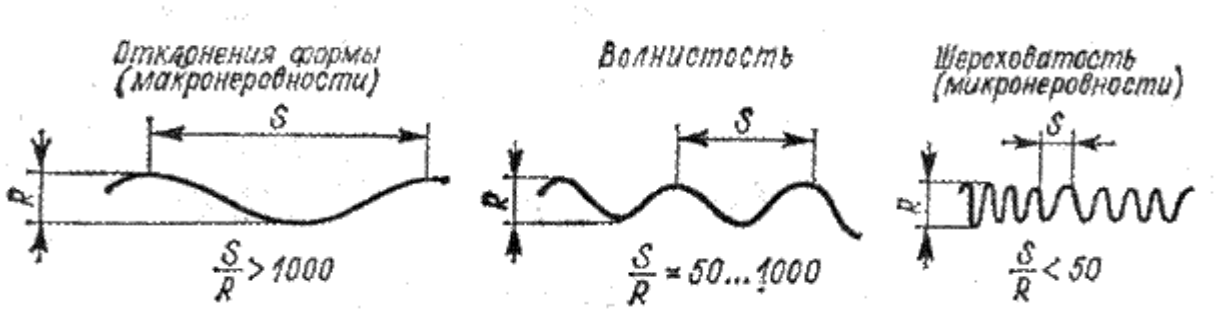


Рис.6.1. Классификация геометрических характеристик качества поверхности

Взаимосвязь параметров качества поверхности деталей и их эксплуатационных свойств является одним из основных направлений исследований в области машино- и приборостроения.

В настоящее время достаточно изучены вопросы связей качества обработанной поверхности с эксплуатационными показателями деталей и узлов машин и приборов (трение и износ при скольжении и качении, жидкостное трение контактная жесткость, прочность прессовых соединений, отражательная способность, износостойкость при переменных нагрузках, коррозионная стойкость и качество лакокрасочных покрытий, точность измерений, соотношение между допусками размера и шероховатостью поверхности и т. д.)

Шероховатость и точность при различных методах обработки

Структура поверхностного слоя

Физико-механические свойства поверхностного слоя деталей и заготовок в значительной мере зависят от воздействия тепловых и силовых факторов в процессе обработки. Поверхностный слои обработанной стальной заготовки состоит из трех зон: I - зоны выраженной деформации, характеризуемой искажением кристаллической решетки, дроблением зерен и повышенной твердостью; II - зоны деформации, характеризуемой вытянутыми зернами и снижением твердости по сравнению с первой зоной; III - переходной зоны (зоны постепенного перехода и структуре основного металла).

Исходные заготовки из стали, полученные ковкой, литьем или прокатом, имеют поверхностный слой, состоящий из обезуглероженной зоны и переходной зоны, т.е. зоны с частичны; обезуглероживанием. Например, заготовки, полученные горячей штамповкой, имеют обезглероженный слой в пределах 150 - 300 мкм, а полученные свободной ковкой - от 500 до 1000 мкм.

При обработке стальных заготовок резанием глубина деформации распространяется до 100 – 300 мкм. У чугунных заготовок глубина распространения деформации незначительна (до 15 мкм).

При механической обработке металлов деформация поверхностного слоя сопровождается упрочнением (наклепом) этого слоя. С увеличением глубины резания и подачи глубина наклепанного слоя возрастает. Так, например, при черновом течении глубина наклепа составляет 200 - 500 мкм, при чистовом точении 25 - 30 мкм, при шлифовании 15 - 20 мкм и при очень тонкой обработке 1-2 мкм.

При шлифовании деталей доминирующим фактором является тепловой, служащий причиной появления в поверхностном слое обрабатываемого металла растягивающих напряжений. Появление растягивающих напряжений связано с быстрым нагреванием поверхностного слоя в зоне контакта металла детали со шлифовальным кругом.

Оценка шероховатости поверхности в цеховых условиях часто осуществляется визуально - осмотром обработанной поверхности и сравнением ее с аттестованным эталоном. Эталоны должны быть изготовлены из тех материалов, что и проверяемые детали, так как отражательная способность материалов различна.

На эксплуатационные свойства деталей машин существенно влияет шероховатость обработанной поверхности, но не во всех случаях чисто обработанная поверхность является наиболее износоустойчивой, так как удержание смазки на поверхности деталей при

различных условиях трения (в зависимости от нагрузки, скорости, материала сопрягаемых деталей и др.) зависит от микронеровностей поверхностей. Поэтому в зависимости от конкретных условий трения устанавливают оптимальную шероховатость поверхности.

На износоустойчивость поверхности влияют сопротивляемость поверхностного слоя разрушению и макрогеометрические отклонения, т. е. отклонения от геометрической формы, которые приводят к неравномерному износу отдельных участков.

Волнистость приводит к увеличению удельного давления, так как трущиеся поверхности соприкасаются с выступами волн; то же происходит и при микронеровностях поверхностей, причем выступы микронеровностей могут деформироваться — сминаться или даже срезаться при движении одной трущейся поверхности относительно другой. Вершины микронеровностей могут вызывать разрывы масляной пленки, вследствие чего в местах разрывов создается сухое трение.

Во многих случаях прочность деталей машин зависит также от чистоты обработки. Установлено, что наличие рисок, глубоких и острых царапин создает очаги концентрации внутренних напряжений, которые в дальнейшем приводят к разрушению детали. Такими очагами могут являться также впадины между гребешками микронеровностей. Это не относится к деталям, изготовляемым из чугунов и цветных сплавов, в которых концентрация напряжений возможна в меньшей степени.

Прочность прессовых соединений также зависит от шероховатости и особенно от высоты микронеровностей; при запрессовке одной детали в другую фактическая величина натяга зависит от шероховатости поверхности и отличается от величины натяга при запрессовке деталей с гладкими поверхностями для тех же диаметров.

От шероховатости поверхности зависит также устойчивость поверхности против коррозии. Чем выше класс чистоты поверхности, тем меньше площадь соприкосновения с средой, тем меньше влияние среды. Чем глубже впадины микронеровностей и чем резче они очерчены, тем больше разрушающее действие коррозии, направленное вглубь металла.

Зависимость шероховатости поверхностей и точности от видов обработки

Практикой и исследованиями определены взаимосвязи между видами обработки и шероховатостью (классами чистоты) поверхно-

сти. Так, например, установлено, что средняя высота неровностей не должна превышать 10 — 25% от допуска на обработку. Это позволило установить достижимую чистоту поверхности для различных видов обработки, а с учетом затрат, необходимых для достижения заданной чистоты, не превышающих затрат при любом другом способе обработки, и экономически достижимую чистоту поверхности.

Точность

Весьма актуальна проблема повышения и технологического обеспечения точности в машиностроении. Точность в машиностроении имеет большое значение для повышения эксплуатационных качеств машины и технологии их производства. Решение вопросов точности должно решаться комплексно. Так повышение точности механической обработки снижает трудоемкость сборки в результате устранения пригоночных работ и обеспечения взаимозаменяемости деталей изделия. Особое значение имеет точность при автоматизации производства. С развитием автоматизации производства проблема получения продукции высокого качества становится все более актуальной. Ее решение должно базироваться на глубоком исследовании технологических факторов.

Из изложенного выше следует, что установление заданной точности - ответственная задача конструктора. Точность должна назначаться на основе анализа условий работы машины с учетом экономики ее изготовления и последующей эксплуатации.

Шероховатость поверхности зависит от метода и режима обработки, качества применяемого режущего инструмента, жесткости технологической систем, физико-механических свойств обрабатываемого материала, вида применяемой смазывающе-охлаждающей жидкости, вибрации технологической системы и других факторов.

Каждому методу обработки (точение, шлифование и др.) соответствует свой диапазон получаемой шероховатости поверхности.

Контрольные вопросы и задания

1. Что понимают под качеством промышленной продукции?
2. Что такое надежность изделия?
3. Дайте определение надежности как комплексного показателя.
4. Перечислите геометрические характеристики качества поверхности.
5. Из каких зон состоит поверхностный слой обработанной стальной заготовки?

6. Как осуществляется оценка шероховатости поверхности в цеховых условиях?
7. Как прочность деталей машин зависит от чистоты обработки поверхности?
8. Как зависит устойчивость поверхности против коррозии от шероховатости поверхности?
9. От каких факторов зависит шероховатость поверхности?
10. Нарисуйте классификацию геометрических характеристик качества поверхности.
11. По какому критерию разграничивают геометрические характеристики качества поверхности?

Практическое занятие №7. Характеристики параметров точности обработки

Цель и задачи занятия

Работа на практическом занятии позволяет овладеть навыками постановки взаимосвязанных целей и задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях при проектировании, моделировании машиностроительных изделий (ПК-3); дает знания об основных технологиях, системах и средствах машиностроительных производств (ПК-16).

Одним из параметров, обеспечивающих высокое качество и надежность машин, является точность их изготовления. **Точность изготовления деталей** – это степень соответствия ее параметров параметрам, заданным конструктором в рабочем чертеже детали. Соответствие реальной и заданной конструктором деталей определяется следующими факторами: определяемым шероховатостью и физико-механическими свойствами (материалом, термообработкой).

Точность характеризует наряду с геометрическими параметрами изделия и единообразие качественных показателей, таких как мощность, производительность, КПД и др. Более точно изготовленные машины имеют более узкое поле разброса этих показателей и более высокие эксплуатационные качества.

Точность изготовления детали зависит от комплекса технологических процессов, применяемых в данном производстве. Всякий технологический процесс изготовления детали неизбежно вносит те или иные погрешности, поэтому получить абсолютно точную деталь

практически невозможно. Повышение точности изготовления первичных заготовок позволяет снизить припуски на обработку, что определяет структуру процесса обработки, снижает его стоимость и объем сборочных работ. Часть размеров детали должна быть выполнена с гарантированной точностью (в пределах заданных допусков), а остальные размеры выполняют без заданных чертежом пределов отклонений. При изготовлении таких деталей на «свободные размеры» устанавливают технологические допуски. Точность размера определяется точностью установки режущего инструмента на размер (настройкой), длиной проходов и размерами самого инструмента (мерного или профильного).

Точность взаимного расположения поверхностей определяется различными факторами технологического процесса. При обработке детали в несколько операции точность взаимного расположения поверхностей зависит от ошибок установки этой детали на различных операциях. При обработке деталей сложной формы можно одновременно обработать все поверхности одним фасонным инструментом, в этом случае точность взаимного расположения поверхностей определяется точностью инструмента. Точность формы детали имеет важное значение при работе сопряженных поверхностей. Поэтому при изготовлении точных деталей допустимое отклонение формы задается в более жестких пределах, чем точность размера. Пределы отклонения формы для плоских и цилиндрических поверхностей установлены ГОСТом. Точность формы поверхности, как правило, выше точности взаимного расположения поверхностей, а эта точность выше точности размеров, связывающих поверхности.

На точность обработки влияют следующие факторы:

1) неточность и износ станка;

2) неточность и износ приспособлений и инструментов;

3) погрешность установки детали на станке;

4) нежесткость системы СПИД (станок-приспособление-инструмент-деталь);

5) температурные деформации;

6) остаточные напряжения обрабатываемой детали;

7) копирование погрешностей предшествующей обработки;

8) неточность средств и методов измерения.

В машиностроении оказалось удобным характеризовать точность обработки четырьмя показателями:

1) точностью формы;

2) точностью размеров;

3) точностью взаимного расположения поверхностей детали;

4) шероховатостью поверхности.

Характеристика точности обработки по таким показателям является не совсем строгой, поскольку форма, размеры и относительное расположение поверхностей неотделимы друг от друга. Однако она принята потому, что на практике по этим показателям удобно осуществлять контроль точности обработки.

Понятие точности обработки тесно связано с понятием о погрешности обработки. Исследования показали, что на образование погрешности влияют многие причины. В большинстве случаев в процессе резания они возникают одновременно, определяя суммарную погрешность обработки.

Под точностью обработки понимают степень соответствия изготовленной детали заданным размерам и форме. В большинстве случаев форма деталей определяется комбинацией известных геометрических тел: цилиндрических, конических, плоскостей и т. д. Можно установить следующие основные критерии соответствия детали заданным требованиям:

- точность формы, т. е. степень соответствия отдельных поверхностей детали тем геометрическим телам, с которыми они отождествляются;
- точность размеров поверхностей детали;
- точность взаимного расположения поверхностей

Отклонения формы и расположения поверхностей

Отклонение формы реальной поверхности от номинальной, т. е. заданной чертежом, оценивается наибольшим расстоянием D между точками реальной поверхности и номинальной, измеренным по нормали к последней. Отклонения формы и расположения поверхностей регламентируются ГОСТом. Наиболее часто встречающиеся из них:

Отклонения от плоскостности:

Выпуклость — отклонение от прямолинейности, при котором удаление всех точек реального профиля от прилегающей прямой уменьшается от края к середине (рис. 7.1, а, в);

Вогнутость — отклонение от прямолинейности, при котором удаление всех точек реального профиля от прилегающей прямой увеличивается от края к середине (рис. 7.1,б,г).

Отклонения от круглости:

Овальность - отклонение от круглости при котором реальный профиль представляет собой овалообразную фигуру, наибольший и наименьший диаметры которой находятся во взаимно перпендикулярных направлениях (рис.7.1, д);

Огранка - отклонение от круглости при котором реальный профиль представляет собой многогранную фигуру (рис.7.1,е).

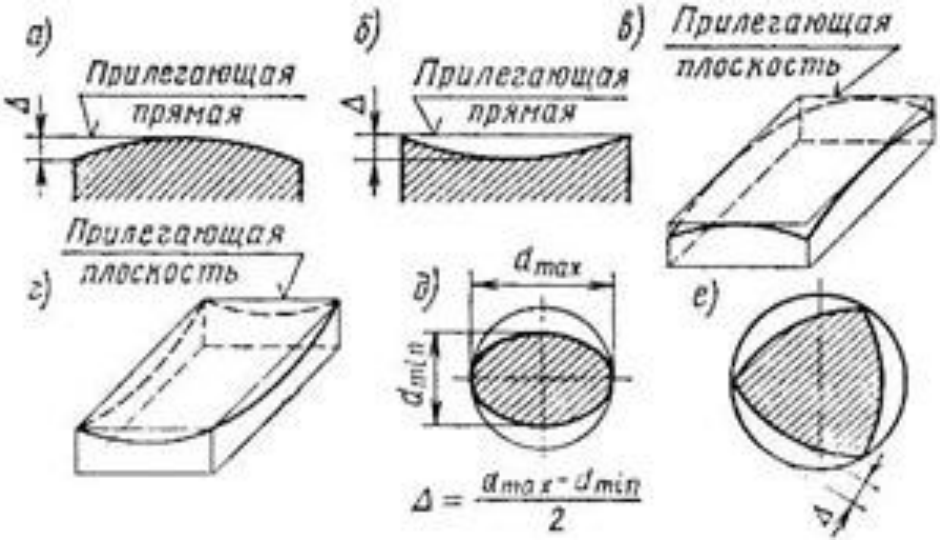


Рис. 7.1. Определение величины отклонения формы

Отклонения профиля продольного сечения - характеризуются непрямолинейностью и непараллельностью образующих:

Конусообразность – отклонение профиля, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны (рис. 7.2,а);

Бочкообразность - отклонение профиля, при котором образующие непрямолинейны, а диаметры увеличиваются от краёв к середине сечения (рис. 7.2,б);

Седлообразность - отклонение профиля, при котором образующие непрямолинейны, а диаметры уменьшаются от краёв к середине сечения (рис. 7.2,в).

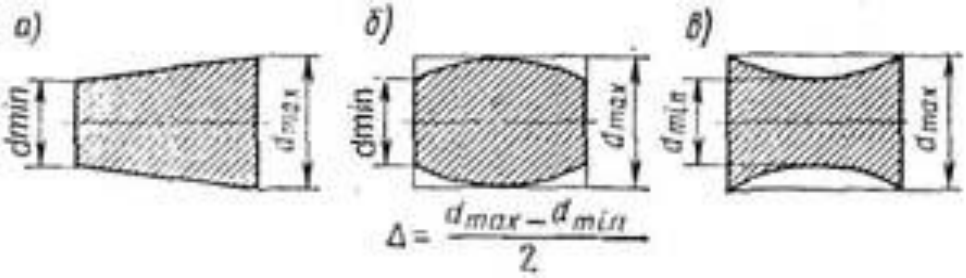


Рис. 7.2. Отклонения профиля продольного сечения

Отклонения расположения характеризуется отклонением реального расположения поверхностей (осей) от их номинального расположения:

Торцовое биение – разность D наибольшего и наименьшего расстояний от точек реальной торцовой поверхности, до плоскости, перпендикулярной базовой оси вращения (рис. 7.3,а);

Радиальное биение – разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реальной поверхности до базовой оси вращения в сечении, перпендикулярном этой оси;

Неперпендикулярность осей или оси и плоскости – расстояние D (Рис. 7.3,в) между осями или осью и плоскостью на заданной длине; Например: =0,025 мм на 100 мм длины.

Непараллельность оси вращения и плоскости – разность А-В наибольшего и наименьшего расстояний между осью и прилегающей плоскостью на заданной длине (Рис. 7.3,г);

Несоосность – наибольшее расстояние D (Рис. 7.3,е) между осью рассматриваемой поверхности и осью базовой поверхности на всей длине рассматриваемой поверхности или расстояние между этими осями в заданном сечении.

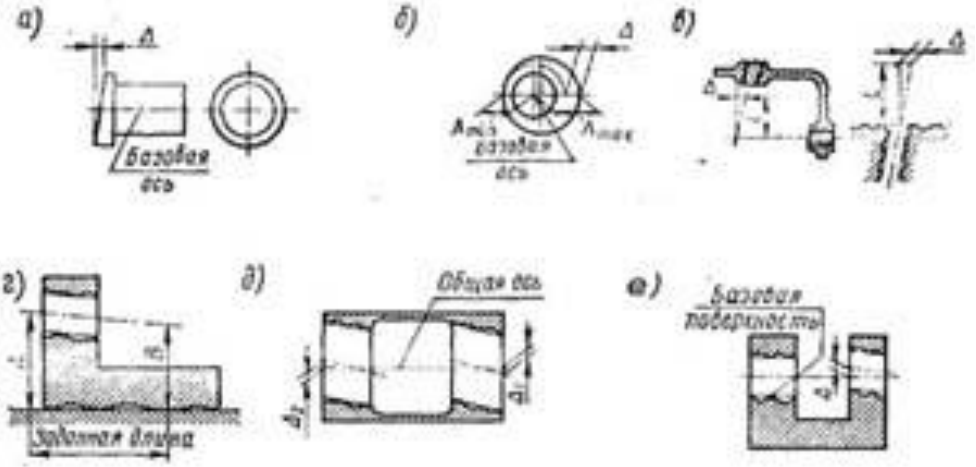


Рис 7.3. Отклонения расположения

Погрешность

Отклонение параметров реальных поверхностей детали от заданных на чертеже ещё называется погрешностью В результате несоответствия действительных движений заготовки и инструмента движениям, предусмотренным кинематической схемой станка, возникает погрешность обработки.

В состав погрешности обработки входят:

– погрешность работы станка, возникающая вследствие неточности кинематической схемы станка и его отдельных узлов;
– погрешность настройки, возникающая от неправильности взаимного расположения инструмента и заготовки, а также от неточности регулировки упоров и остановов.

Погрешность настройки складывается из:

– неточности настройки режущего инструмента;
– износа режущего инструмента;
– упругих деформаций технологической системы станок — приспособление — инструмент — деталь (СПИД);
– температурных деформаций узлов станка, обрабатываемой заготовки и режущего инструмента.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое точность изготовления деталей?
2. Чем определяется точность размера?
3. Перечислите факторы, влияющие на точность обработки.
4. Какими показателями характеризуют точность обработки в машиностроении?
5. Что понимают под точностью обработки?
6. Перечислите отклонения формы.
7. Назовите отклонения профиля.
8. Назовите отклонения расположения.
9. Что такое погрешность?
10. Что входит в состав погрешности обработки?
11. Из чего складывается погрешность настройки?

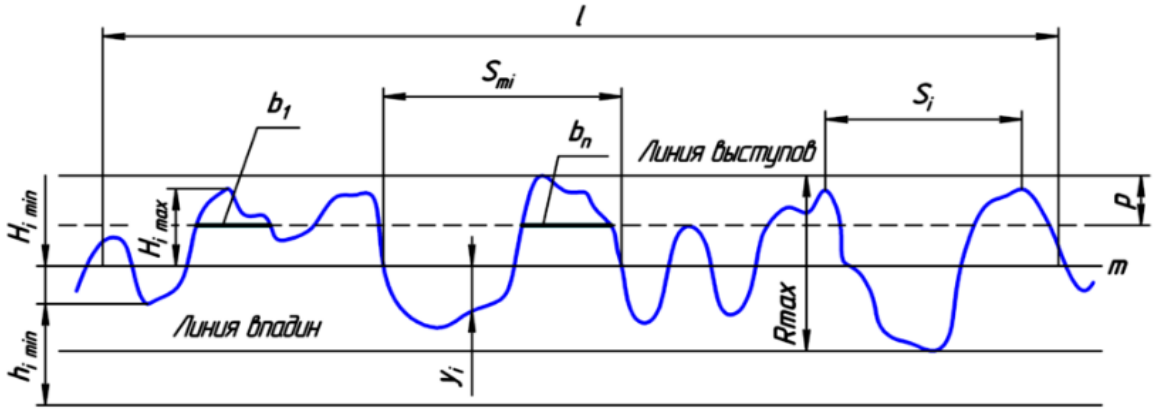
Практическое занятие №8. Характеристики параметров шероховатости поверхности

Цель и задачи занятия

Работа на практическом занятии позволяет овладеть навыками постановки взаимосвязанных целей и задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях при проектировании, моделировании машиностроительных изделий (ПК-3); дает знания об основных технологиях, системах и средствах машиностроительных производств (ПК-16).

Шероховатость поверхности — совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами на базовой длине. Измеряется в микрометрах (мкм). Шероховатость относится к микрогеометрии твёрдого тела и определяет его важнейшие эксплуатационные свойства. Прежде всего износостойкость от истирания, прочность, плотность (герметичность) соединений, химическая стойкость, внешний вид. В зависимости от условий работы поверхности назначается параметр шероховатости при проектировании деталей машин, также существует связь между предельным отклонением размера и шероховатостью. Исходная шероховатость является следствием технологической обработки поверхности материала, например, абразивами. В результате трения и изнашивания параметры исходной шероховатости, как правило, меняются.

Исходная шероховатость является следствием технологической обработки поверхности материала. Для широкого класса поверхностей горизонтальный шаг неровностей находится в пределах от 1 до 1000 мкм, а высота — от 0,01 до 10 мкм. В результате трения и изнашивания параметры исходной шероховатости, как правило, меняются, и образуется эксплуатационная шероховатость. Эксплуатационная шероховатость, воспроизводимая при стационарных условиях трения, называется равновесной шероховатостью.

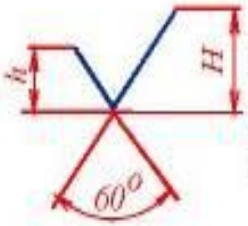


На рисунке схематично показаны параметры шероховатости, где: l — базовая длина; m — средняя линия профиля; S_{mi} — средний шаг неровностей профиля; S_i — средний шаг местных выступов профиля; $H_{i\ max}$ — отклонение пяти наибольших максимумов профиля; $H_{i\ min}$ — отклонение пяти наибольших минимумов профиля; $h_{i\ max}$ — расстояние от высших точек пяти наибольших максимумов до линии, параллельной средней и не пересекающей профиль; $h_{i\ min}$ — расстояние от низших точек пяти наибольших минимумов до линии, параллельной средней и не пересекающей профиль; R_{max} — наибольшая высота профиля; y_i — отклонения профиля от линии m; p — уровень сечения профиля; b_n — длина отрезков, отсекаемых на уровне p.

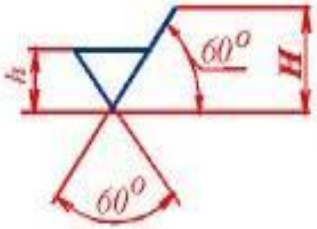
Типы направлений неровностей на поверхности, к шероховатости которой устанавливаются требования (по ГОСТ 2789-73)

Типы направлений неровностей	Схематическое изображение	Пояснение
Параллельное		Параллельно линии, изображающей на чертеже поверхность
Перпендикулярное		Перпендикулярно линии, изображающей на чертеже поверхность
Перекрещивающееся		Перекрещивание в двух направлениях наклонно к линии, изображающей на чертеже поверхность
Произвольное		Различные направления по отношению к линии, изображающей на чертеже поверхность
Кругообразное		Приблизительно круглообразно по отношению к центру поверхности
Радиальное		Приблизительно радиально по отношению к центру поверхности

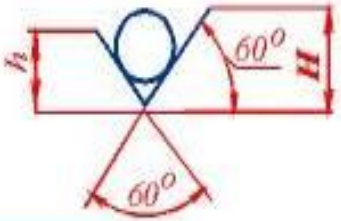
Обозначение шероховатости и правила простановки знака



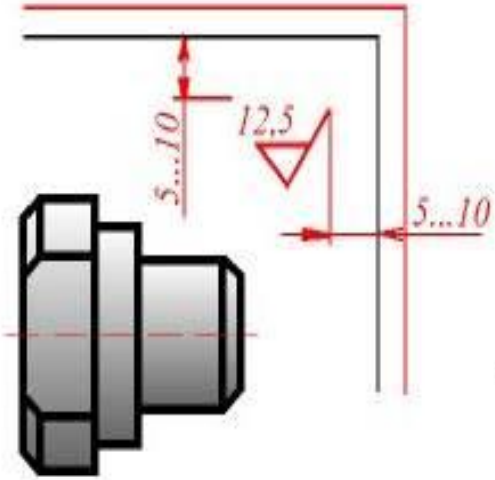
когда вид обработки конструктором не устанавливается;



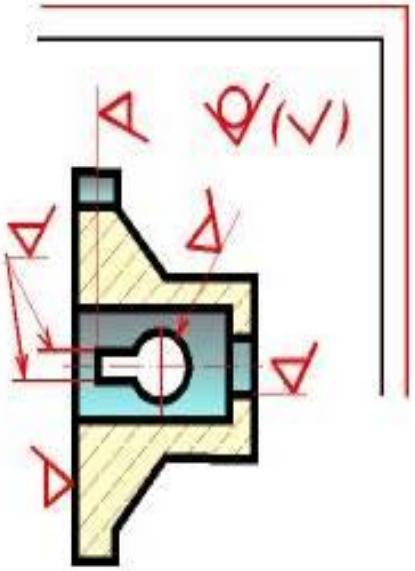
поверхность образована удалением слоя материала.



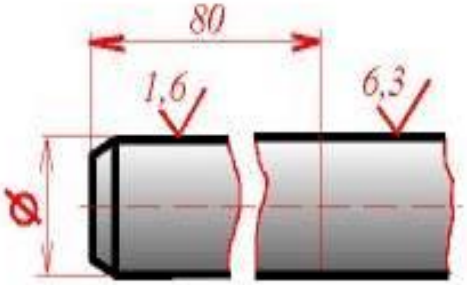
поверхность образована без удаления слоя материала



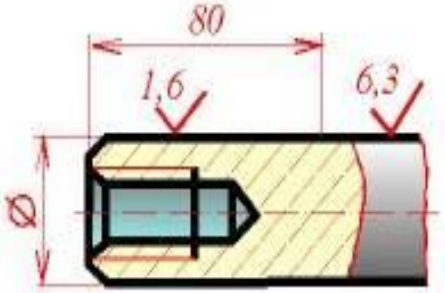
При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей деталей обозначение шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображении не наносят.

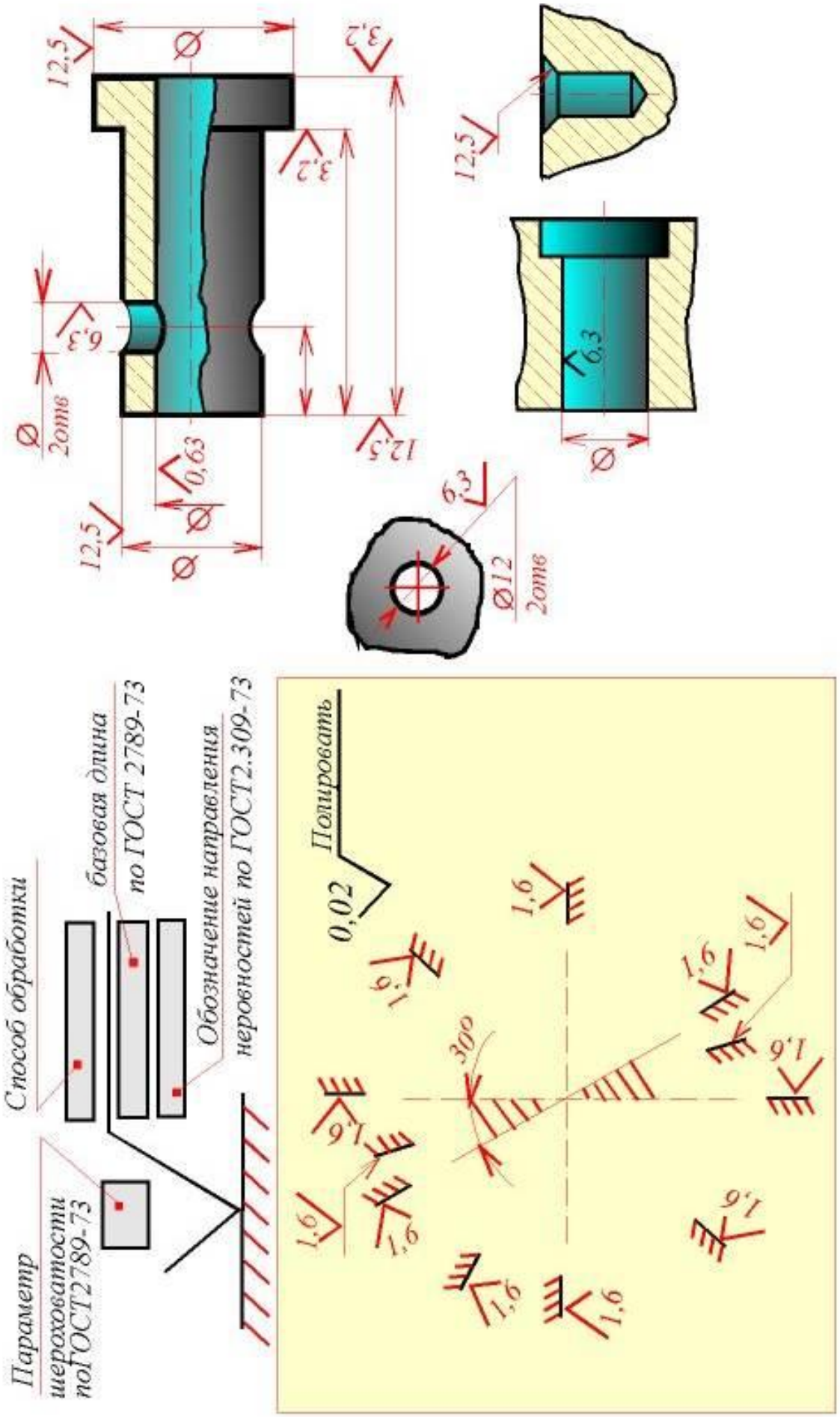


При указании одинаковой шероховатости для части поверхностей детали в правом верхнем углу чертежа помещают обозначение одинаковой шероховатости и условный знак (√) ,означающий слово ' остальное'.



Если шероховатость одной и той же поверхности различна на отдельных участках, то эти участки разграничивают сплошной тонкой линией. Через заштрихованную зону линию границы между участками не проводят.




Способ обработки
базовая длина
по ГОСТ 2789-73
Обозначение направления
неровностей по ГОСТ2.309-73
Параметр
шероховатости
по ГОСТ2789-73
Полировать
0,02
30°
12,5
3,2
6,3
0,63
1,6
Ø12
2отв
2отв

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое шероховатость поверхности?
2. Какие важнейшие эксплуатационные свойства определяет шероховатость?
3. Что такое исходная шероховатость?
4. Что такое эксплуатационная шероховатость?
5. Нарисуйте схему и опишите параметры шероховатости.
6. Обозначение шероховатости и правила простановки знака на чертеже.
7. Получите у преподавателя эскизы деталей и прочитайте знаки шероховатости.

Практическое занятие №9. Методы и особенности лезвийной обработки. Ч.1

Цель и задачи занятия

Работа на практическом занятии знакомит студентов с основными и вспомогательными материалами для изготовления изделий машиностроительного производства и методикой рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах (ПК-1); дает знания об основных технологиях, системах и средствах машиностроительных производств (ПК-16).

Обработка резанием является универсальным методом размерной обработки. Метод позволяет обрабатывать поверхности деталей различной формы и размеров с высокой точностью из наиболее используемых конструкционных материалов. Он обладает малой энергоемкостью и высокой производительностью. Вследствие этого обработка резанием является основным, наиболее используемым в промышленности процессом размерной обработки деталей.

Согласно действующему в нашей стране стандарту (ГОСТ 25761—83) все виды механической обработки металлов и материалов резанием подразделяются на лезвийную и абразивную обработку. К лезвийной обработке относятся все виды обработки резанием, которые осуществляются лезвийным инструментом. Абразивная обработка производится абразивными инструментами.

По назначению можно выделить следующие основные виды обработки:

- отрезание - обработка резанием заключающаяся в отделении заготовки в качестве части от целого вдоль одной ее стороны;

- вырезание - обработка резанием, заключающаяся в отделении заготовки в качестве части целого вдоль двух или нескольких ее сторон;

- разрезание - обработка резанием, заключающаяся в разделении заготовки на части;

- снятие фаски - обработка резанием, заключающаяся в образовании фаски;

- резьбонарезание - обработка резанием, заключающаяся в образовании резьбы;

- зубонарезание - обработка резанием, заключающаяся в образовании зубьев;

- зубозакругление - обработка резанием концов зубьев вблизи торца зубчатого колеса, заключающаяся в придании им формы, облегчающей ввод колеса в зубчатое зацепление;

- затылование - обработка резанием, заключающаяся в образовании задних поверхностей затылованных зубьев.

К обработке резанием также относится слесарная обработка: опиливание, резка, рубка, шабрение.

Вид лезвийной обработки определяется видом и направлением главного движения резания, сообщением его инструменту или заготовке, видом и направлением движения подачи, формой получаемой поверхности, видом и типом режущего инструмента. С учетом перечисленных признаков существующие виды обработки резанием условно можно подразделить на поступательные, токарные, осевые, фрезерные и т.д. Условность такого подразделения обусловлена многообразием и сложностью видов обработки резанием, затрудняющих их включение в ту или иную группу. В настоящее время применяются виды обработки, представляющие собой комбинации признаков из вышеперечисленных групп, например, фрезеточение, резьбофрезерование, резьбопротягивание и т.п.

Сущность и схемы способов обработки

Обработка резанием — это процесс получения детали требуемой геометрической формы, точности размеров, взаиморасположения и шероховатости поверхностей за счет механического срезания с поверхностей заготовки режущим инструментом материала технологического припуска в виде стружки (рис. 9.1).

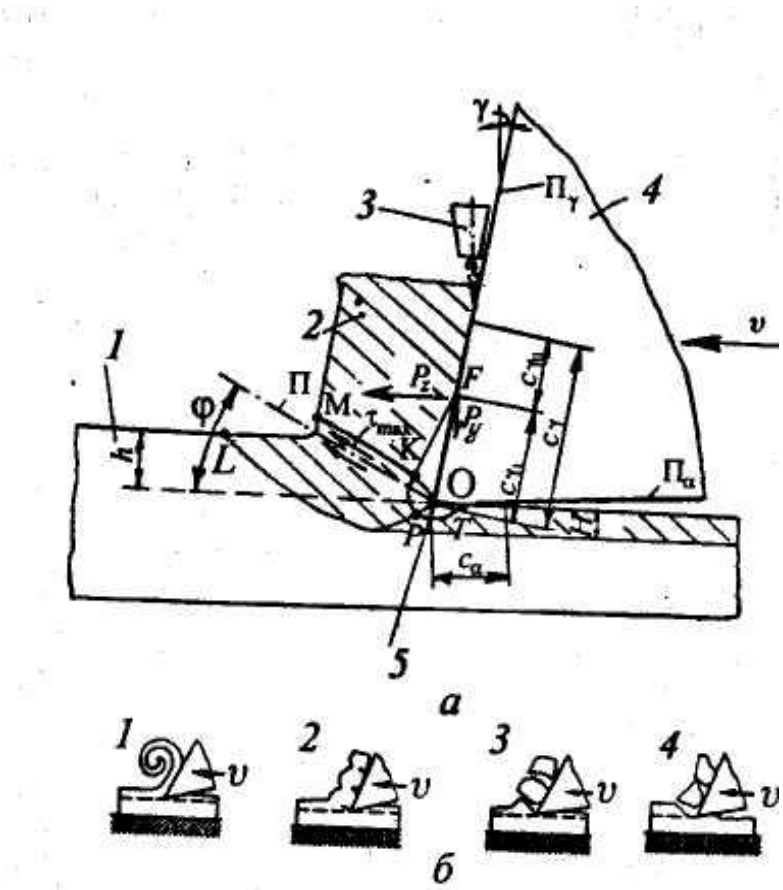


Рис. 9.1. Условная схема процесса резания:
а – 1 – обрабатываемый материал; *2* – стружка;
3 – подача смазочно-охлаждающих средств; *4* – режущий клин;
5 – режущая кромка; φ – угол сдвига, характеризующий положение условной плоскости сдвига (П) относительно плоскости резания;
γ – главный передний угол режущего клина; P_z – сила резания;
P_y – сила нормального давления инструмента на материал;
$C_{\gamma u}$, $C_{\gamma l}$ – длины пластичного и упругого контактов;
C_γ, C_a – длина зон контактного взаимодействия по передней и задней поверхностям инструмента;
LOM – область главного упругопластичного деформирования при стружкообразовании; FKPT – область вторичной контактной упруго–пластичнеской деформации металла;
h – глубина резания;
H – толщина зоны пластического деформирования (наклепа) металла.

Основным режущим элементом любого инструмента является режущий клин (рис. 9.1, *а*). Его твердость и прочность должны существенно превосходить твердость и прочность обрабатываемого материала, обеспечивая его режущие свойства. К инструменту прикладывается усилие резания, равное силе сопротивления материала реза-

нию, и сообщается перемещение относительно заготовки со скоростью v. Под действием приложенного усилия режущий клин врезается в заготовку и, разрушая обрабатываемый материал, срезает с поверхности заготовки стружку. Стружка образуется в результате интенсивной упругопластической деформации сжатия материала, приводящей к его разрушению у режущей кромки, и сдвигу в зоне действия максимальных касательных напряжений под углом φ. Величина φ зависит от параметров резания и свойств обрабатываемого материала. Она составляет ~30° к направлению движения резца.

Внешний вид стружки характеризует процессы деформирования и разрушения материала, происходящие при резании. Различают четыре возможных типа образующихся стружек: сливная, суставчатая, элементная и стружка надлома (рис. 9.1, *б*).

В процессе резания режущий клин, испытывая интенсивное трение, контактирует с материалом стружки и обработанной поверхностью в контактных зонах. Для снижения сил трения и нагрева инструмента применяют принудительное охлаждение зоны резания смазочно-охлаждающими средами (СОС), подавая их в зону резания специальными устройствами.

Детали и инструменты закрепляются в специальных органах станка или приспособлениях. Станок, приспособление, инструмент и деталь образуют силовую систему (СПИД), передающую усилие и движение резания от привода станка режущему инструменту и детали.

Реальные схемы различных способов обработки резанием, используемый инструмент, а также виды движения инструмента и заготовки в процессе обработки приведены на рис. 9.2. В зависимости от используемого типа инструмента способы механической обработки подразделяются на лезвийную и абразивную.

Отличительной особенностью лезвийной обработки является наличие у используемого инструмента острой режущей кромки определенной геометрической формы, а для абразивной обработки – наличие различным образом ориентированных режущих зерен абразивного инструмента, каждое из которых представляет собой микроклин.

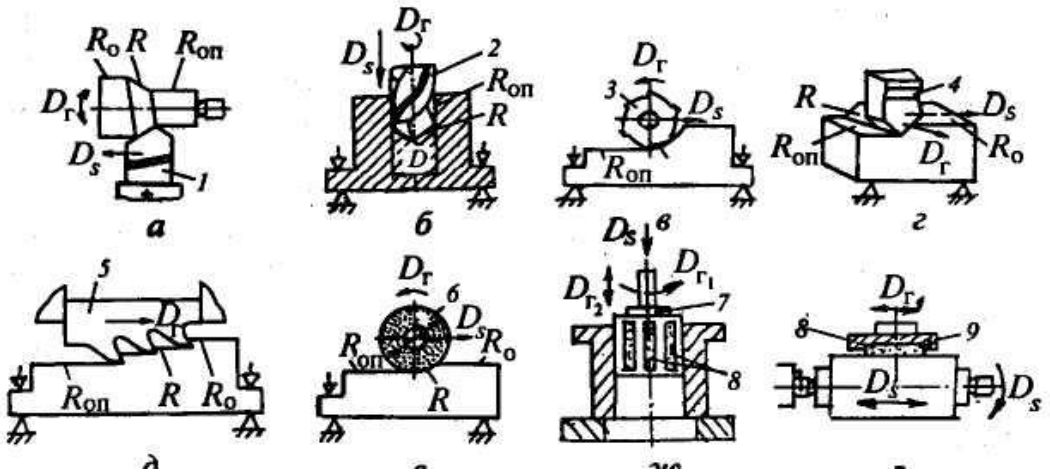


Рис. 9.2. Схемы способов обработки резанием:

а – точение; *б* – сверление; *в* – фрезерование; *г* – строгание; *д* – протягивание; *е*– шлифование; *ж* – хонингование; *з* – суперфиниширование; D_r – главное движение резания; D_s – движение подачи; R_o – обрабатываемая поверхность; *R*– поверхность резания; R_{on} – обработанная поверхность; 1 – токарный резец; *2* – сверло; *3* – фреза; *4* – строгальный резец; *5* – протяжка; *6* – абразивный круг; *7* – хон; *8* – бруски; *9* – головка.

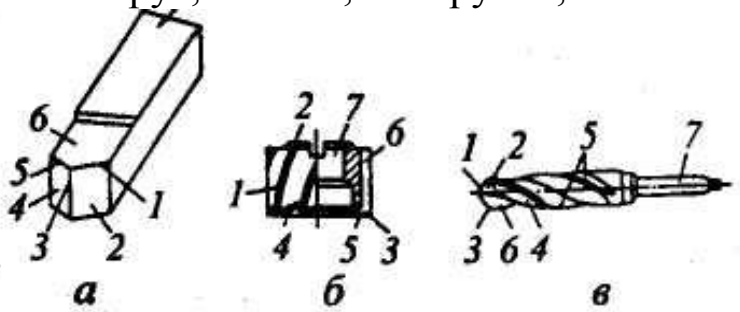


Рис. 9.3. Конструкция и элементы лезвийных режущих инструментов:

а – токарного резца; *б* – фрезы; *в* – сверла; *1* – главная режущая кромка; *2* – главная задняя поверхность; *3* – вершина лезвия; *4* – вспомогательная задняя поверхность лезвия; *5* – вспомогательная режущая кромка; *6* – передняя поверхность; *7* – крепежная часть инструмента.

Контрольные вопросы и задания

1. Каково значение метода лезвийной обработки в машиностроении?
2. Перечислите основные виды обработки резанием по назначению.
3. Чем определяется вид лезвийной обработки?
4. Дайте определение обработки резанием.
5. Условная схема процесса резания.
6. Схемы способов обработки резанием.

7. Конструкция и элементы лезвийных режущих инструментов.

Практическое занятие №10.
Методы и особенности лезвийной обработки. Ч.2

Цель и задачи занятия

Работа на практическом занятии знакомит студентов с основными и вспомогательными материалами для изготовления изделий машиностроительного производства и методикой рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах (ПК-1); дает знания об основных технологиях, системах и средствах машиностроительных производств (ПК-16).

Технологические методы лезвийной обработки

Поступательная обработка

К поступательным видам обработки относятся строгальные, долбежные и протяжные виды обработки.

Строгание и долбление - обработка резанием осуществляемая однолезвийным инструментом с возвратно-поступательным главным движением резания. Строгание и долбление обычно применяются при обработке несложных профильных поверхностей с прямолинейными образующими, а также для обработки вертикальных и горизонтальных плоскостей в единичном и массовом производствах. Для этого процесса характерно действие на инструмент ударных нагрузок, небольшие скорости резания (1…1,5 м/с) и низкая производительность обработки вследствие инерционности движущихся частей станков и наличия холостого хода стола или инструмента.

Протягивание - обработка многолезвийным инструментом с поступательным главным движением резания, распространяемая на всю обрабатываемую поверхность без движения подачи. Срезание припуска осущетсвляется за счет превышения (подъема) последующего зуба над предыдущим. Производительность этого процесса, несмотря на низкие скорости резания (до 0,2…0,3м/с), в 5…10 раз выше фрезерования и в 10…15 раз - зенкерования и развертывания. Применяется в массовом и серийном производствах при получении отверстий, обработке плоских и цилиндрических наружных поверхностей с точностью до 7…9 квалитетов и шероховатостью Rz=6,3…0,8 мкм. К особенностям протягивания относится прерывистый характер работы

лезвий инструмента, ударные нагрузки на зуб, срезание припуска большим количеством зубьев.

Внутреннее протягивание - протягивание внутренней замкнутой поверхности и ее элемента. Наружное протягивание - протягивание наружной или незамкнутой внутренней поверхности.

Осевая обработка

Осевая обработка - лезвийная обработка с вращательным главным движением резания при постоянном радиусе его траектории и движением подачи только вдоль оси главного движения резания. Основные виды осевой обработки - это **сверление, зенкерование и развертывание.**

Зенкерование и развертывание - осевая обработка соответственно зенкером и разверткой. Зенкерование применяется для обработки предварительно просверленных, прошитых или отлитых отверстий с целью повышения их точности (11…9-й квалитеты) и снижения шероховатости до Ra=2 мкм. Развертывание предназначено для окончательной (чистовой) обработки предварительно просверленных или расточенных резцом или зенкером цилиндрических и конических отверстий с точностью до 7-го квалитета и шероховатостью до Ra=0,6 мкм. Процессы зенкерования и разверывания протекают в более благоприятных условиях, чем сверление, так как у зенкера и развертки нет поперечной режущей кромки; глубина резания сравнительно небольшая и скорость резания вдоль режущих кромок постоянна. Вместе с тем, наблюдаются большие силы трения на ленточках и неудовлетворительные условия размещения и отвода стружки.

Зенкование и цекование - осевая обработка соответственно зенковкой и цековкой.

Сверление - осевая обработка сверлом. Сверление применяется для получения отверстий в сплошном материале, а также для рассверливания на больший диаметр уже имеющихся отверстий и получения центровочных отверстий. Сверлением обеспечивается 11…12-й квалитеты точности и шероховатость обработанной поверхности Rz=80…20 мкм.

Процесс резания при сверлении во многом аналогичен точению, но имеет ряд особенностей, обусловленных:

1) переменностью переднего угла, принимающего малые и даже отрицательные значения у поперечной кромки, что приводит к повышению деформации срезаемого слоя, силы и температуры резания;

2) изменением скорости резания по длине режущей кромки, сказывающимся на изменении деформации в смежных элементах;

3) ухудшением отвода стружки и затруднением проникновения СОЖ в зону резания;

4) отсутствием задних углов на вспомогательных режущих кромках, что повышает силы трения.

Сверлами обычно обрабатываются отверстия в сплошном материале, когда требуется получить отверстия невысокой точности. Более точные отверстия после сверления обрабатываются зенкерами и развертками. В этом случае точность отверстий обеспечивается лучшим центрированием инструмента (благодаря наличию большего числа режущих лезвий), повышенной жесткостью инструмента и более легкими условиями работы каждого лезвия.

В отличие от других процессов резание имеет свои особенности. Они заключаются в том, что резание ведется инструментом, передний угол которого различен в разных точках режущего лезвия. Скорость резания здесь также не постоянна и меняется от 0 в центре сверла до какого-то максимального значения на периферии сверла. В центре отверстия, под перемычкой сверла, резание как таковое отсутствует, производится смятие и выдавливание обрабатываемого материала к периферии под режущие кромки. Особенностью геометрии сверла является наличие пятой поперечной режущей кромки. Ленточка сверла не имеет вспомогательного заднего угла, что вызывает повышенно трение с обработанной поверхностью. Особенностью процесса является также и то, что сверло, окруженное обрабатываемым материалом, работает в стесненных условиях. Это затрудняет отвод стружки и циркуляцию внешней среды, что приводит к худшим условиям охлаждения.

Фрезерование

Фрезерование - лезвийная обработка с вращательным главным движением резания при постоянном радиусе его траектории, сообщаемым инструменту, и хотя бы одним движением подачи, направленным перпендикулярно оси главного движения резания.

Фрезерование применяется при обработке плоскостей, пазов с прямолинейным и винтовым направлением, шлицев, тел вращения, разрезки заготовок, образования резьбы, а также для получения фасонных поверхностей. Фрезерованием обеспечивается 11…9-ый квалитеты точности и шероховатость обработанной поверхности с Rz=40…3,2мкм.

К особенностям процесса фрезерования относятся:

1) периодически повторяющееся чередование рабочего и холостого циклов движения зуба фрезы;

2) переменность толщины срезаемого слоя и рабочей длины лезвия.

Фрезерование является распространенным видом механической обработки. Фрезерованием в большинстве случаев обрабатываются плоские или фасонные линейчатые поверхности. Фрезерование ведется многолезвийными инструментами – фрезами. Фреза представляет собой тело вращения, у которого режущие зубья расположены на цилиндрической или на торцовой поверхности. В зависимости от этого фрезы соответственно называются цилиндрическими или торцовыми, а само выполняемые ими фрезерование – цилиндрическим или торцовым. Главное движение придается фрезе, движение подачи обычно придается обрабатываемой детали, но может придаваться и инструменту – фрезе. Чаще всего оно является поступательным, но может быть вращательным или сложным.

Процесс фрезерования отличается от других процессов резания тем, что каждый зуб фрезы за один ее оборот находится в работе относительно малый промежуток времени. Большую часть оборота зуб фрезы проходит, не производя резания. Это благоприятно сказывается на стойкости фрез. Другой отличительной особенностью процесса фрезерования является то, что каждый зуб фрезы срезает стружку переменной толщины.

При работе торцовыми или концевыми фрезами различают симметричное и несимметричное резание. При симметричном резании ось фрезы совпадает с плоскостью симметрии обрабатываемой поверхности, а при несимметричном – не совпадает.

Основными элементами режима резания при фрезеровании являются глубина резания, подача, скорость резания и ширина фрезерования.

Глубиной резания t является толщина слоя металла, срезаемого за один проход. При цилиндрическом фрезеровании она соответствует длине дуги контакта фрезы с обрабатываемым изделием и измеряется в направлении, перпендикулярном оси вращения фрезы, при торцовом – в параллельном.

Под шириной фрезерования B следует понимать ширину обрабатываемой поверхности, измеренную в направлении, параллельном

оси вращения цилиндрической или концевой фрезы, а при фрезеровании торцовой фрезой – в перпендикулярном.

Скоростью резания *v* является окружная скорость режущих лезвий фрезы

Подачей называется перемещение обрабатываемой заготовки относительно фрезы. При фрезеровании различают три вида подач:

- подача на зуб (s_z, мм/зуб) – величина перемещения заготовки за времяповорота фрезы на один зуб;
- подача на оборот фрезы (s_0, мм/об) – величина перемещения заготовки за время одного оборота фрезы;
- подача в минуту (или минутная подача, $s_м$, мм/мин) – величина перемещения заготовки в минуту.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое строгание и долбление?
2. Что такое протягивание? Внутреннее и наружное протягивание.
3. Дайте определение осевой обработки.
4. В каких случаях применяются зенкерование и развертывание?
5. В каких случаях применяется сверление?
6. Особенности сверления.
7. Что такое фрезерование?
8. Когда применяется фрезерование?
9. Перечислите особенности процесса фрезерования.
10. Чем процесс фрезерования отличается от других процессов резания?
11. Основные элементы режима резания при фрезеровании.
12. Какие виды подач различают при фрезеровании?

Литература

1. Мельников, А.С. Научные основы технологии машиностроения [Электронный ресурс] : 2018-07-12 / А.С. Мельников, М.А. Тамаркин, Э.Э. Тищенко, А.И. Азарова ; Под общ. ред. А.С. Мельникова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 420 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/107945. — Загл. с экрана.
2. Тимирязев, В.А. Основы технологии машиностроительного производства [Электронный ресурс] : учебник / В.А. Тимирязев, В.П. Вороненко, А.Г. Схиртладзе. — Электрон. дан. — Санкт-

Петербург : Лань, 2012. — 448 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/3722. — Загл. с экрана.
3. Зубарев, Ю.М. Введение в инженерную деятельность. Машиностроение [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.М. Зубарев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 232 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/104944. — Загл. с экрана.
4. Тимирязев, В.А. Проектирование технологических процессов машиностроительных производств [Электронный ресурс] : учебник / В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, Н.П. Солнышкин, С.И. Дмитриев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 384 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/50682. — Загл. с экрана.
5. Зубарев, Ю.М. Современные инструментальные материалы [Электронный ресурс] : учебник / Ю.М. Зубарев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 304 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/595. — Загл. с экрана.
6. Галимов, Э.Р. Современные конструкционные материалы для машиностроения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Э.Р. Галимов, А.Л. Абдуллин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 268 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/99217. — Загл. с экрана.