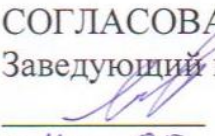
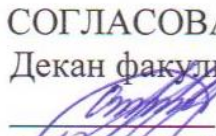


Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»
Машиностроительный факультет
Кафедра «Машиностроение и эксплуатация автомобилей»

СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой

С. В. Монтик
«13» 05 2025 г.

СОГЛАСОВАНО
Декан факультета

С. Р. Онысько
«13» 05 2025 г.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ»
(название дисциплины)

для специальности
6-05-0715-07 Эксплуатация наземных транспортных и технологических
машин и комплексов
Профилизация: Автосервис
Техническая эксплуатация автомобилей

Составители: Сокол Виктор Александрович, старший преподаватель
Парфиевич Андрей Николаевич, доцент, канд. техн. наук, доцент

Рассмотрено и утверждено на заседании Научно-методического совета
университета 26.06.2025 г., протокол № 4.

рег. в УМК 24/25-134

Пояснительная записка

Актуальность изучения дисциплины

Автомобилестроение является ведущей отраслью машиностроения, оказывающей существенное влияние на развитие ряда смежных отраслей и экономику стран в целом. Такие отрасли промышленности, как металлургическая, нефтехимическая, приборостроительная, электротехническая и электронная, текстильная, резинотехническая тесно связаны с производством автомобилей, поэтому развитие автомобилестроения способствует созданию новых рабочих мест, новых предприятий а, следовательно, стимулирует технический прогресс в целом.

В связи с этим, актуальность дисциплины «Технология автомобилестроения» определяется тем, что в ней рассматриваются новейшие достижения в области производства автомобилей, прогрессивные технологии их изготовления, а также опыт их применения на передовых автотранспортных предприятиях и предприятиях автосервиса. Владение данными и навыками их использования является неотъемлемой частью компетенций инженера по специальности «Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов».

Цель дисциплины

– на основе теории и методов научного познания сформировать у будущих специалистов автомобильного транспорта прочные и глубокие знания по технологии изготовления деталей автомобилей и технологическом обеспечении высокого качества изделий.

Задачи дисциплины

- обеспечение необходимых знаний по организации и технологии производства автомобилей;
- решение задач по проектированию технологических процессов изготовления деталей автомобилей и их сборки;
- анализ путей дальнейшего совершенствования автомобильного транспорта на основе достижения научно-технического прогресса в новейших технологиях производства.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) объединяет структурные элементы учебно-методического обеспечения образовательного процесса, и представляет собой сборник материалов теоретического характера для организации работы студентов специальности 6-05-0715-07-2023 «Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов», профилизация «Автосервис», «Техническая эксплуатация автомобилей» дневной и заочной формы обучения по изучению дисциплины «Технология автомобилестроения».

ЭУМК разработан на основании Положения об учебно-методическом

комплексе на уровне высшего образования, утвержденного Постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 8 ноября 2022 г., № 427, и предназначен для реализации требований учебной программы по учебной дисциплине «Технология автомобилестроения» для специальности 6-05-0715-07 «Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов», профилизация «Автосервис», «Техническая эксплуатация автомобилей».

Цели УМК:

- обеспечение качественного методического сопровождения процесса обучения;
- организация эффективной самостоятельной работы студентов.

Содержание и объем ЭУМК полностью соответствуют образовательному стандарту высшего образования специальности ОСВО 6-05-0715-07-2023 Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов, а также учебной программе дисциплины компонента учреждения высшего образования «Технология автомобилестроения». Материал представлен на требуемом методическом уровне и адаптирован к современным образовательным технологиям.

Структура электронного учебно-методического комплекса по дисциплине «Введение в специальность»:

Теоретический раздел ЭУМК содержит материалы для теоретического изучения учебной дисциплины и представлен конспектом лекций.

Раздел контроля знаний ЭУМК содержит материалы для итоговой аттестации (вопросы к экзамену), позволяющие определить соответствие результатов учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации образовательных программ высшего образования.

Вспомогательный раздел включает учебную программу учреждения высшего образования по дисциплине «Технология автомобилестроения».

Рекомендации по организации работы с ЭУМК:

- лекции проводятся с использованием представленных в ЭУМК теоретических материалов; при подготовке к зачёту, студенты могут использовать конспект лекций;
- экзамен проводится в письменном виде, вопросы к экзамену приведены в разделе контроля знаний.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

**Конспект лекций по дисциплине
«Технология автомобилестроения»**

Введение.

Технология (от греческих слов *techne* – искусство, мастерство, умение и *logos* – слово, учение) – наука, систематизирующая совокупность приемов и способов обработки (переработки) сырья, материалов, полуфабрикатов соответствующими орудиями производства для получения готовой продукции. Технология включает и технический контроль производства. К важнейшим показателям, характеризующим технико-экономическую эффективность технологического процесса, относятся: расход сырья и энергии на единицу продукции; количество и качество получаемой готовой продукции; уровень производительности труда; затраты на производство; себестоимость продукции.

По техническому вооружению и организации производство автомобилей является наиболее развитой отраслью промышленности.

Дать будущим специалистам автосервиса знания, позволяющие с научной обоснованностью и технико-экономической целесообразностью решать вопросы изготовления автомобилей – основная задача дисциплины «Технология автомобилестроения».

Указанная дисциплина является комплексной и включает изучение основных вопросов технологии изготовления автомобилей. Это один из основных профилирующих предметов в системе подготовки инженеров-механиков по специальности «Автосервис».

История автомобиля насчитывает более 130 лет. Рассмотрим коротко историю развития автомобилестроения и этапы его становления в Беларуси.

На протяжении веков верным спутником человека был конь. Уже появились железные дороги, а на вокзал ездили на лошадях. Первые конструкции «самобеглых колясок» были с паровыми двигателями. Измерять мощность двигателя в лошадиных силах стали с тех пор, когда английский изобретатель Джеймс Уатт установил паровик на пивоварне для привода насоса, заменив труд одной лошади. От паровых автомобилей осталось лишь слово «шофер» (по-французски означает «кочегар»).

Кто является «отцом автомобиля», неизвестно – на эту роль претендует более ста человек. Первые автомобили появились в 1885 – 1886 гг. в Германии, Дании, Англии, Франции, США. В 1900 г. В мире было 8 тыс. автомобилей, в 1910 г. – 468 тыс. (в 50 раз больше).

Первый автомобиль «приплыл» в Россию на пароходе из Франции. В 1891 г. Его купил редактор «Одесского листка» В. В. Навроцкий. Первый российский автомобиль создали в 1896 г. Отставной лейтенант военно-морского флота Е. А. Яковлев и фабрикант конных экипажей П. А. Фрезе. Серийное производство впервые было налажено на Русско-Балтийском вагонном заводе в Риге. С 1909 по 1915 г. Было выпущено 1200 достаточно надежных автомобилей.

Первый автомобиль на дорогах Беларуси появился в 1895 г.: его приобрели Ковенский округ путей сообщения. По его примеру приобрели автомобили и другие ведомства. Были они и в частных руках: два у Радзивиллов в Несвиже, два – у Паскевичей в Гомеле. В Минском уезде автомобилем владел крестьянин Г. Д. Раков, а в Витебске – другой крестьянин, Г. А. Терехов, имел автомобиль «Бенц».

Есть сведения, что перед первой мировой войной в Беларуси было 250 – 300 автомобилей. В 1912 г. Для армейских нужд было заказано за границей 400

автомобилей, а в 1913 – 1914 гг. – ещё 4700. однако первая мировая война не стала «войной моторов», но показала, что военные конфликты уже не могут обойтись без автомобиля.

Прошел еще добрый десяток лет, не способствовавший развитию автомобильной отрасли в Беларуси: революция, гражданская война, интервенция, разруха.

В 1924 г. Экономический Совет БССР утвердил устав общества «Белавтопромторг», в задачу которого входили покупка и продажа автомобилей, тракторов, мотоциклов и велосипедов. В этом же году в Минск прибыло 10 автобусов АМО (Автомобильное московское общество) для пассажирских перевозок.

К концу 1928 г. В БССР было 139 легковых автомобилей (68 марок), 97 грузовых (43 марки), 114 специальных (38 марок), всего – 350 автомобилей. Именно с первой пятилетки (с 1928 – 1929 гг.) начинаются первые шаги становления автомобильной отрасли. Активно строятся предприятия (завод им. Октябрьской революции, им. Кирова, Борисовская бумажная фабрика, Гомельский завод с/х машин, Могилевский завод искусственного шелка, Бобруйский деревообрабатывающий комбинат). При строительстве нельзя было обойтись без автомобильной техники.

К 1935 г. Количество автомобилей в БССР достигает 2000, а перед войной, в 1941 г. По статическим данным, было 21 тыс. различных автомобилей (82% грузовиков, из них 95% – ГАЗ-АА и ЗИС-5).

С 1919 до 1939 г. Руководили автотранспортом БССР народные комиссары внутренних дел и коммунального хозяйства. В 1939 г. Создается Народный комиссариат автомобильного транспорта. Первым комиссаром стал Борис Николаевич Степанов. К тому времени уже действовали Могилевский авторемонтный завод, Минская авторемонтная станция с пропускной способностью 2120 текущих и 4500 профилактических ремонтов в год. Автотранспортные и авторемонтные предприятия, автобусные станции, специальные учебные заведения, краткосрочные курсы, снабженческие учреждения – не совсем полный перечень звеньев цепи, именуемой Наркоматом автомобильного транспорта БССР.

Но 22 июня 1941 г. Началась Великая Отечественная война. Транспорт и в этих условиях выполнил свою роль, эвакуируя военные и гражданские объекты, доставляя боеприпасы и продовольствие, спасая раненых и перебрасывая войска.

После освобождения Беларуси создаются сначала Гомельский, а затем ещё шесть автотрестов – Борановичский, Брестский, Витебский, Гродненский, Минский и Могилевский, в состав которых вошли 53 автохозяйства. Наркомат приступил к проектированию авторемонтного завода в районе г. Минска на базе бывших мастерских в д. Красное Урочище.

С марта 1946 г. Наркомат автотранспорта преобразован в Министерство автомобильного транспорта БССР. В 1950 г. Было введено первое «Положение о техническом обслуживании и ремонте автомобилей».

В период оккупации немцы создали под Минском автосборочный завод, и на нем через три месяца после освобождения города уже шла сборка и ремонт автомобилей различных марок. Так родился МАЗ – будущий гигант автостроения Беларуси. В 1946 г. МАЗ выпустил свою первую продукцию – более тысячи двухосных прицепов.

В 1947 г. МАЗ начал производство первых самосвалов, а через четыре года – серийный выпуск автомобилей МАЗ-200.

Шестидесятые годы стали переломными в автомобильной отрасли республики. Началось производство тягачей МоАЗ-529Е на Могилевском автомобильном заводе, построенном в 1935 г. Для ремонта автомобилей.

Созданный на базе Жодинского «Дормаша» в 1958 г. Автомобильный завод (ныне БелАЗ) выпустил в 1959 г. 25-тонный карьерный самосвал МАЗ-525, а в 1961 г. – 27-тонный самосвал БелАЗ-540.

В июле 1961 г. В Минске создается Научно-исследовательская лаборатория автомобильного транспорта (НИЛАТ), зарождается отраслевая автотранспортная наука.

В ряду гигантов отечественной автомобильной индустрии – МАЗ, БелАЗ, МоАЗ, агрегатный завод в г. Барановичи, завод «Автогидроусилитель» в г. Борисове, заводы карданных валов и автоагрегатов в г. Гродно, шинный комбинат в г. Бобруйске. Впоследствии большинство из них вошло в ПО «БелавтоМАЗ», созданное в 1975 г.

В 1993 г. образованно Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, в которое вошли три департамента – автомобильного транспорта, гражданской авиации, железнодорожного транспорта. Впоследствии два последних стали самостоятельными учреждениями.

В 1993–1994 гг. на МАЗе начался выпуск автобусов МАЗ-101 (103, 104, 105, 152). Более скромный Белорусский автобус «Неман-ЛиАЗ-5256» начали производить в г. Лиде на опытном заводе «Неман». Здесь собирают автобусы из ликинских кузовов, ишимбайских мостов, львовских коробок передач, двигателей КамАЗ. Первый автобус вышел из ворот завода в 1994 г.

Грузовые автомобили выпускают Могилевский автомобильный завод и Минский завод колесных тягачей. Последний ранее входил в МАЗ и специализировался в основном на военной продукции. С 1991 г. Он переведен на выпуск внедорожных автомобилей большой грузоподъемности и прицепной техники к ним. Это автомобили «Волат» с колесной формулой 8×8 грузоподъемностью от 20,5 до 30 т.

Могилевский автозавод известен своими полноприводными автомобилями-самосвалами для бездорожья, а также автопоездами для работы в подземных рудниках и тоннелях, автобетоносмесителями на шасси МАЗ и дорожно-строительными машинами.

Производственная программ БелАЗа (г. Жодино) довольно обширна – от БелАЗа – 540 до 180-250-тонных грузовиков. Завод работает под заказ и поставляет по заявкам потребителей технику любой модификации.

СЗАО «БЕЛДЖИ» – белорусско-китайское совместное предприятие по сборке китайских легковых автомобилей Geely – создано 23 декабря 2011 на основании меморандума о сотрудничестве Минпрома Республики Беларусь и компании Geely. Сначала было размещено на арендуемых площадях ОАО «Борисовский завод Автогидроусилитель» под Борисовом. Официальное открытие белорусско-китайского предприятия состоялось в феврале 2013 года.

К 2017 году был построен завод мощностью 60 тыс. единиц в год и организовано производство методом мелкоузловой сборки с применением технологического процесса сварки и окраски кузова.

Выпускаются следующие модели седан Geely SC7, Geely Emgrand 7, кроссовер Geely Emgrand X7, Geely ATLAS, Geely LC-CROSS, компактный внедорожник Geely COOLRAY.

Тема 1: Основные понятия об изделии и технологическом процессе.

1. Основные понятия и определения.

Изделием называется единица промышленной продукции конечной стадии данного производства, исчисляемая в штуках или экземплярах. Изделием может быть машина или отдельная деталь. Для автомобильного завода – изделие автомобиль, а для завода карданных валов – вал.

Деталь – это изделие, изготовленное из однородного материала, без применения сборочных операций.

Сборочная единица – это изделие, составные части которого соединены между собой сборочными операциями (свинчиванием, клепкой, сваркой и т.д.).

Полуфабрикат – изделие предприятия-поставщика, подлежащее дополнительной обработке или сборке.

Комплектующее изделие – изделие предприятия-поставщика, применяемое как составная часть изделия, выпускаемого другим предприятием. В автомобилестроении – это двигатели, коробки передач, подшипники и др.

Заготовка – предмет производства, из которого изменением формы, размеров, шероховатости поверхности и свойств материала изготавливают деталь.

Интенсивность производства характеризуется тактом и ритмом выпуска. **Такт выпуска** – интервал времени, через который периодически производится выпуск изделия.

$$T = \frac{\Phi}{D},$$

где Φ – годовой календарный фонд времени работы предприятия;

D – число изделий, подлежащих изготовлению за это время.

В условиях поточного производства время, затрачиваемое на выполнение каждой операции, должно быть равно или кратно такту выпуска, так как иначе будет нарушена синхронность выполнения операций.

Ритм выпуска – это количество изделий определенного наименования, выпускаемых в единицу времени.

Объем выпуска изделий представляет собой количество изделий, изготавливаемых предприятием в течении планируемого интервала времени.

2. Производственный и технологический процессы.

Производственным процессом называется совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимая на данном предприятии для изготовления или ремонта изделий. Производственный процесс завода включает: подготовку средств производства и организацию обслуживания рабочих мест, получение и хранение материалов и полуфабрикатов, все стадии изготовления деталей машин, сборку, транспортировку, технический контроль на всех стадиях производства, упаковку готовой продукции и другие действия.

Технологическим процессом называется часть производственного процесса, связанная с изменением формы, размеров, качества поверхностей деталей и физико-механических свойств.

Средствами выполнения технологического процесса является технологическое оборудование, технологическая оснастка и специальные устройства.

Технологический процесс выполняется на рабочих местах. **Рабочее место** – Это часть производственной площади, предназначенная для выполнения определённой работы и оборудованная в соответствии с этой работой.

Технологический процесс состоит из технологических операций. **Технологической операцией** называется законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте. Так, в операцию обработки резанием включаются все действия рабочего по управлению станком, автоматические движения механизмов станка и устройств в процессе обработки заготовки до снятия со станка.

Операция принята за основную расчетную единицу при проектировании технологических линий обработки или сборки, технологическом планировании и определении стоимости обработки.

При выполнении операции заготовку обычно устанавливают и закрепляют несколько раз, т.е. выполняют с нескольких установов. **Установом** называется часть операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы. Например, обработка центровых отверстий вала на его торцах выполняется с двух установов заготовки в патроне токарного станка.

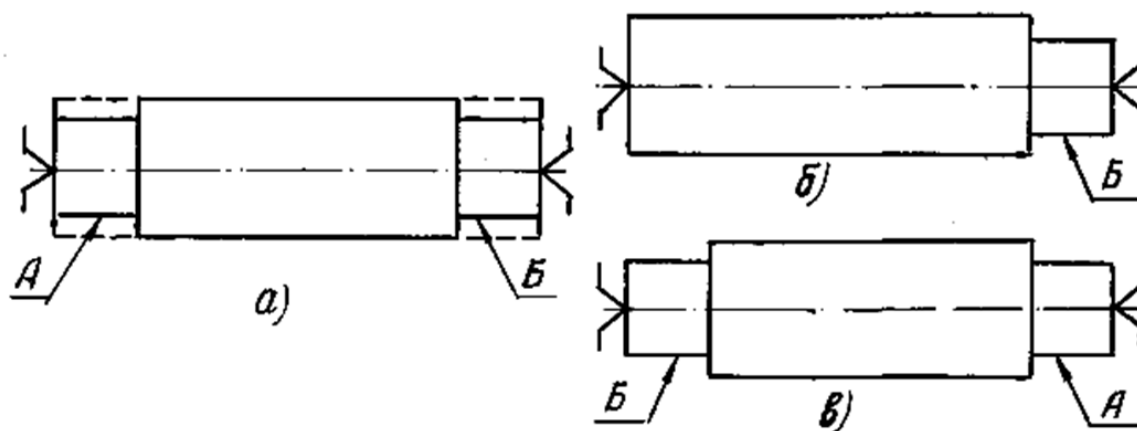


Рисунок 1.1 – Обработка вала: а) вид заготовки и окончательно обработанной детали; б) вид заготовки после обработки поверхности Б; в) вид заготовки после обработки поверхности А

Обрабатываемая заготовка или собираемая сборочная единица, закрепленные в приспособлении, могут занимать вместе с ним несколько последовательных положений относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции. Такое **фиксированное положение называется позицией**. Например, заготовка из пруткового материала, обрабатываемая на многошпиндельном токарном автомате, каждый раз занимает новую позицию при повороте шпиндельного барабана.

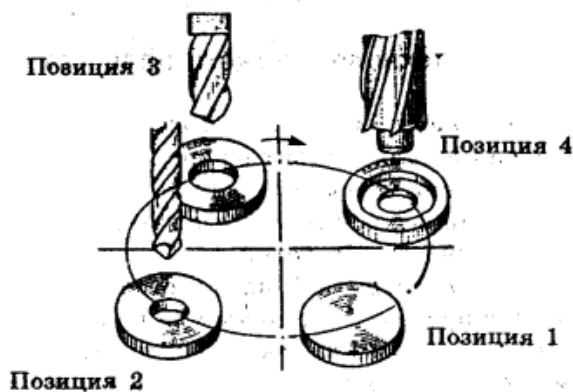


Рисунок 1.2 – Обработка детали на сверлильном станке: позиция 1 – установка заготовки; позиция 2 – сверление; позиция 3 – зенкерование; позиция 4 – развёртывание

Структурным элементом операции является технологический переход. **Переходом** называется законченная часть операции, характеризующаяся постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых обработкой или соединяемых при сборке. Например, точное отверстие у детали обрабатывают последовательно тремя инструментами: сверлом, зенкером и разверткой. Переход может быть выполнен за один или несколько проходов.

Вспомогательным переходом называется законченная часть операции, не сопровождаемая обработкой, но необходимая для выполнения данной операции (например, установка и снятие обработанной заготовки) или перехода и рабочего хода (замена инструмента, установка инструмента, контрольный промер).

Рабочим ходом называется законченная часть перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки и сопровождаемая изменением формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств заготовки.

Вспомогательным ходом называется законченная часть перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, не сопровождаемая изменением формы, размеров и шероховатости поверхности или свойств заготовки, но необходимая для выполнения рабочего хода.

Проход – это часть перехода, осуществляемая при одном рабочем перемещении инструмента в направлении подачи. За один проход снимается один слой металла.

3. Концентрация и дифференциация технологических процессов.

Для обработки одной и той же детали могут быть применены различные варианты технологического процесса, равноценные с точки зрения технологических требований к изделию, но имеющие значительные колебания по экономическим показателям. Существенное влияние на построение технологического процесса оказывает тип производства. Так, в массовом и крупносерийном производствах технологический процесс строится на принципе дифференциации или концентрации операций при возможно полной их автоматизации.

При использовании принципа дифференциации технологический процесс расчленяется на элементарные операции с примерно одинаковым временем их выполнения, равным такту или кратным ему; на каждом станке выполняют

определенные операции, преимущественно однопереходные или двухпереходные, например центровка валиков, снятие фасок при доделке после обработки заготовок на автомате и т. д. В связи с этим здесь применяют специальные и узкоспециализированные станки; специальные же приспособления для обработки предназначены для выполнения только одной операции. Часто такое специальное приспособление является неотъемлемой частью станка.

При использовании принципа концентрации технологический процесс предусматривает объединение операций, которые в этом случае производятся на многошпиндельных автоматах, полуавтоматах, агрегатных, многопозиционных, многорезцовых станках, производящих одновременно несколько операций при малой затрате основного (технологического) времени.

Если число последовательных переходов, выполняемых на станке, значительно, то такое построение обработки называют последовательной концентрацией технологического процесса. Пример последовательной концентрации показан на рисунке 1.3, а, где рассмотрена обработка ступенчатого вала одним резцом за 14 переходов (восемь переходов при первом установе — продольное точение четырехшеек с подрезкой четырех уступов; шесть переходов при втором установе — продольное точение трех шеек с подрезкой трех уступов).

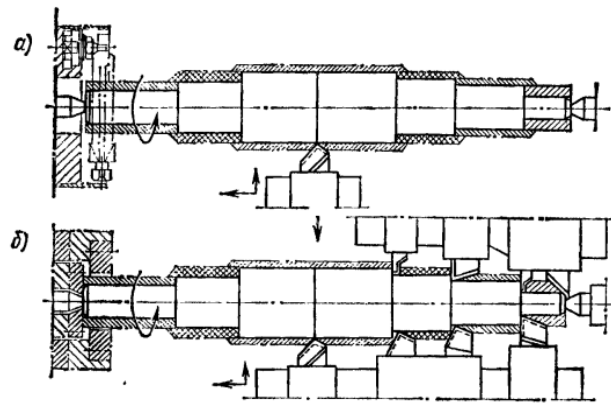


Рисунок 1.3 – а) последовательная концентрация; б) параллельная концентрация

Пример характерен для серийного производства, где технологический процесс предусматривает обработку одной детали с последовательным выполнением всех переходов, которые могут быть осуществлены на данном станке.

Если одновременно значительное число переходов в одной операции выполняется параллельно, то такое построение обработки называют параллельной концентрацией технологического процесса. Параллельная концентрация связана с использованием многоинструментных станков (многорезцовых, многошпиндельных и т. п.), обеспечивающих высокую производительность; применение таких станков экономично при большом объеме выпуска продукции, характерным для крупносерийного и массового производств.

Пример параллельной концентрации показан на рисунке 1.3, б, где рассмотрена обработка вала на многорезцовом станке одновременно восемью и шестью резцами за четыре установа при двух черновых и двух чистовых операциях (в двух установах при обработке левой части вала участвуют три резца на продольном и три резца на поперечном суппортах). Обработка цилиндрических поверхностей шеек вала, подрезка торцов, проточка канавок и снятие фасок совмещаются.

4. Типы автомобилестроительного производства.

В автомобилестроении в зависимости от широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объёма выпуска различают:

- единичное производство;
- серийное производство (мелкосерийное, среднесерийное, крупносерийное);
- массовое производство.

Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемой или ремонтируемой продукции и малыми объёмами выпуска каждого изделия (1-100 шт. в год). Оно характеризуется:

- на одном рабочем месте выполняются разнообразные операции, повторяющиеся крайне редко, или вообще не повторяющиеся;
- используется универсальное оборудование, расставленное по технологическому признаку (токарный, фрезерный участки);
- специальный инструмент и приспособления не применяются;
- используются простейшие заготовки с малой точностью и большими припусками (прокат, поковка, литьё и земляные формы);
- требуемая точность при механической обработке достигается методом пробных ходов и промеров, часто применяется обработка по разметке;
- взаимозаменяемость ограничивается резьбовыми соединениями, поверхностями под подшипники;
- при сборке часто используется пригонка;
- очень высокая квалификация работающих;
- применяется сокращённая и упрощённая технологическая документация;
- опытно-статистическое нормирование.

Единичное производство характеризуется низкой производительностью труда и высокой себестоимостью изделий

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых или ремонтируемых периодически повторяющимися партиями и сравнительно большим объёмом выпуска (тысячи и десятки тысяч).

Оно характеризуется:

- технологические операции, выполняемые на одном рабочем месте, периодически повторяются;
- используется универсальное, специализированное и специальное оборудование, широко применяются станки с ЧПУ. Оборудование размещают по технологическому признаку с учётом грузопотоков в цеху или по ходу тех. Процесса в случае применения групповых или переналаживаемых автоматических линий;
- применяется стандартный режущий инструмент и переналаживаемая технологическая оснастка. Специальный инструмент и приспособления применяются при обосновании экономическим расчётом;
- применяются различные заготовки: как точные, так и невысокой точности. Выбор определяется экономическим расчётом;
- требуемая точность достигается различными методами: метод пробных ходов и промеров, метод автоматического получения размеров;

- в зависимости от серийности при сборке применяется полная, неполная, групповая взаимозаменяемость, пригонка и регулировка;
- квалификация работающих средняя: высокая у наладчиков и у тех, кто работает на универсальном оборудовании, низкая у работающих на настроенных станках;
- технологическая документация разрабатывается детально лишь для наиболее сложных и ответственных операций и деталей;
- применяются различные методы нормирования.

Серийное производство является основным в современном машиностроении. В нём выпускается 75-80% всей продукции.

Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объёмом выпуска изделий непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых в течение продолжительного времени.

Оно характеризуется:

- на одном рабочем месте выполняется только одна операция;
- используется специальное высокопроизводительное оборудование: агрегатные станки, одношпиндельные и многошпиндельные автоматы и полуавтоматы. При изготовлении особо сложной продукции могут применяться станки с ЧПУ. Оборудование расположено по ходу техпроцесса;
- применяются высокоточные заготовки с минимальными припусками: штамповки, высокоточные методы литья (в кокиль, по выплавляемым моделям), иногда калиброванный прокат;
- применяется высокопроизводительный специальный инструмент и приспособления;
- необходимая точность механической обработки обеспечивается методом автоматического получения размеров на настроенных станках;
- при сборке используется метод полной взаимозаменяемости. Для обеспечения высокой точности селективная (групповая) сборка;
- квалификация работающих низкая, за исключением наладчиков, гидравликов и т. д.;
- технологическая документация разрабатывается самым тщательным образом (операционное описание технологического процесса);
- нормы времени рассчитываются и проверяются экспериментально.

В соответствии с ГОСТ 14.004-83 устанавливается критерий оценки серийности по коэффициенту закрепления операций:

$$K_{з.о} = \frac{\sum O}{\sum P},$$

где $\sum O$ – сумма всех операций, выполняемых за месяц;

$\sum P$ – принятое число рабочих мест, на которых выполняются различные операции.

Для мелкосерийного производства $K_{з.о} = 20...40$; для среднесерийного производства $K_{з.о} = 10...20$; для крупносерийного производства $K_{з.о} = 1...10$; для массового производства $K_{з.о} = 1$.

Также в машиностроении большое значение имеет форма организации производства, которая бывает:

- 1) непоточная – в условиях единичного и мелкосерийного производства;
- 2) поточная – массовое и крупносерийное;
- 3) групповая – в условиях серийного производства.

При поточной форме организации производства за каждым рабочим местом закреплена только одна операция. Длительность выполнения согласована (равны между собой или кратны) с тактом выпуска, рабочие места расположены в последовательности операций. Так происходит обработка заготовок на автоматических линиях, сборка изделия на конвейере.

При групповой форме организации за каждым рабочим местом в течение года закреплено несколько операций. Длительность выполнения операций не согласована. Запуск изделий в производство осуществляется партиями. Оборудование расставляется как по ходу тех. Процесса, так и по технологическому признаку.

Исходя из технико-экономических показателей, наиболее эффективной является поточная форма организации производства, поэтому её стремятся применять и в серийном производстве. Для этого используют ГПС, переналаживаемые автоматические линии и т. д.

Тема 2: Получение заготовок автомобильных деталей.

1. Общие требования к заготовкам.

Выбор способа получения заготовок деталей является важным этапом в разработке технологического процесса изготовления деталей и оказывает большое влияние на экономическую эффективность производства. При изготовлении заготовок деталей требуется максимально снизить их трудоемкость, объем механической обработки и расход материала.

Способ получения заготовки определяется назначением и конструкцией детали, условиями её работы, материалом, техническими требованиями, программой выпуска и экономической целесообразностью.

Для изготовления автомобильных деталей применяют различные заготовки, основные требования к которым следующие:

1) форма и размеры заготовки должны приближаться к параметрам готовой детали, что способствует уменьшению расхода материала и снижению трудоемкости изготовления детали;

2) физико-механические свойства материала заготовки не должны вызывать затруднения при механической обработке (для этого производится отжиг поковок и отливок);

3) материал заготовки должен иметь свойства, которые обеспечивают требуемые эксплуатационные качества детали;

4) припуски на обработку должны быть минимальными;

5) поверхности, принимаемые за черновые базы, должны быть по возможности чистыми и гладкими.

Основным показателем, характеризующим экономичность выбранного метода изготовления заготовки, является коэффициент использования металла:

$$K_{\text{им}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}},$$

где $M_{\text{д}}$ – масса готовой детали;

$M_{\text{з}}$ – масса заготовки.

2. Изготовление заготовок литьем в земляные формы.

Материалом для отливки заготовок в земляные формы служит серый, ковкий и модифицированный чугуны, сталь и цветные металлы и сплавы.

Различают опочную и безопочную формовку. При опочной формовке формы для заливки жидким металлом создаются в специальной формовочной смеси с помощью моделей будущих отливок и элементов литниковой системы. На современных поточно-механизированных и автоматизированных линиях засыпка формовочной смеси в верхнюю и нижнюю опоки и её уплотнение производится параллельно. Затем производится извлечение модели из формы, установка литейных стержней, сборка формы и заливка её металлом.

Основным показателем технологических возможностей литья в земляные формы является минимальная толщина стенки заготовки, которая зависит от материала, конструктивных особенностей изделия и качества формы.

Минимальная толщина стенки в среднем соответствует: для серого чугуна – 5 мм, ковкого – 7 мм, для стали – 7 мм, для бронзы – 3 мм.

Этот способ литья не обеспечивает высокой точности размеров и формы заготовки, что требует значительного припуска на обработку резанием, но он позволяет получать детали сложной формы при относительно невысокой стоимости литых заготовок.

На рисунке 2.1 показана опочная форма с горизонтальным разъемом и заливка её металлом.

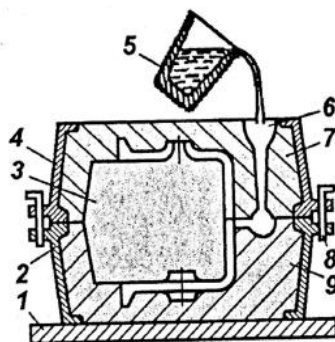


Рисунок 2.1 – Заливка металла в опочную форму: 1 – подопочная плита; 2 – нижняя опока; 3 – стержень; 4 – верхняя опока; 5 – заливочный ковш; 6 – литниковая система; 7 – верхняя полуформа; 8 – скобы для крепления опок; 9 – нижняя полуформа

3. Изготовление заготовок литьем в металлические формы (кокили).

Кокиль представляет собой постоянную металлическую разъемную форму, сложность которой зависит от сложности и размеров детали. Конструкции кокилей приведены на рисунке 2.2. Перед заливкой металла кокиль подогревают до температуры 200–400°C, а на рабочую поверхность наносят пульверизатором разделительный слой из огнеупорных материалов (кварцевой муки, графита и др.). Способ эффективен при отливке заготовок сложной конфигурации, так как за счет уменьшения припусков сокращается механическая обработка; производительность в 2-3 раза выше по сравнению с литьем в земляные формы.

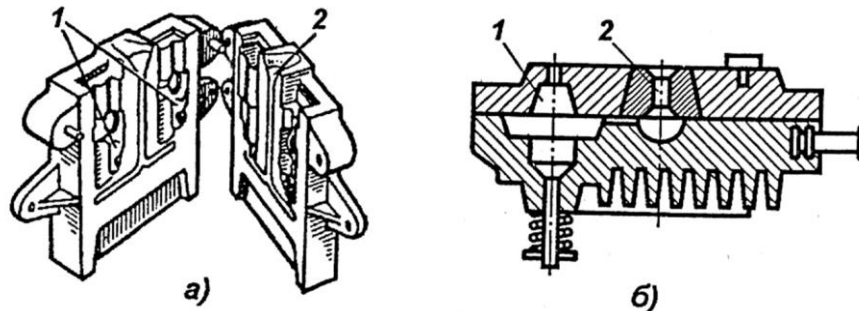


Рисунок 2.2 – Конструктивные формы кокилей: а – с вертикальным разъемом; б – с горизонтальным разъемом; 1 – форма гнезда для отливки детали; 2 – литниковая система

Литьё в кокиль чаще выполняется из цветных сплавов и реже из чугуна и стали, из-за высокой температуры их плавления, что вызывает интенсивное изнашивание кокиля.

4. Изготовление заготовок центробежным литьём

Центробежное литье — это способ изготовления отливок, при котором заливается в форму металл подвергается действию центробежных сил, возникающих в жидком металле при заливке во вращающуюся форму или, в отдельных случаях, в результате вращения уже заполненной металлом формы. Центробежное литье является типичным видом литья, при котором используются формы как разовые, так и постоянные.

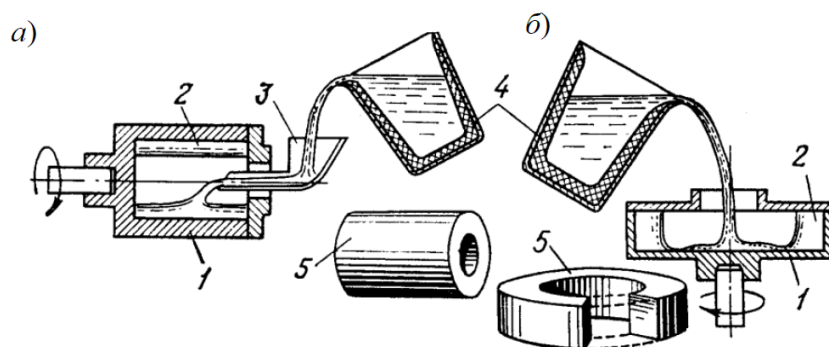


Рисунок 2.3 – Схема центробежного литья на машине с горизонтальной (а) и вертикальной (б) осями вращения

Наибольший технико-экономический эффект дает применение центробежного литья при крупносерийном и массовом производствах отливок типа тел вращения. К числу таких изделий относятся трубы (различного назначения) из чугуна, стали, цветных металлов, жаростойких, коррозионно-стойких и твердых сплавов, втулки, цилиндрические гильзы, тракторные и автомобильные детали, кольца подшипников скольжения, железнодорожные и трамвайные бандажи и т.п. Большое распространение получил способ центробежного литья биметаллических изделий. Наибольших масштабов достигло применение центробежного литья в производстве чугунных труб.

Центробежное литье фасонных деталей следует применять только в тех случаях, когда обычным литьем в неподвижные формы эти изделия либо невозможно получить, либо получают с низкими технико-экономическими показателями. Особенно это эффективно при изготовлении отливок:

- тонкостенных деталей с извилистыми очертаниями, с тонким и острым рельефом, малыми радиусами закруглений;
- требующих улучшенного питания из прибыльной части, больших плотности и чистоты металла;
- из сплавов с пониженной жидкотекучестью.

К основным преимуществам этого способа литья можно отнести:

- высокую плотность отливок вследствие малого количества межкристаллических пустот усадочного и газового происхождения; в ряде случаев центробежные отливки по своим свойствам оказываются на уровне поковок, а по экономии металла и снижению трудозатрат превосходят их;
- меньший расход металла из-за отсутствия литниковой системы или снижения массы литников;
- исключение затрат на изготовление стержней для получения полостей в цилиндрических отливках;
- улучшение заполняемость формы металлом;
- получение отливок из сплавов, обладающих низкой жидкотекучестью;
- возможность получения дву- и многослойных, а также армированных изделий.

Центробежному способу литья свойственны и недостатки:

- трудность получения качественных отливок из ликвирующих сплавов;
- неточность диаметра полости отливок со свободной поверхностью;
- загрязнение свободной поверхности отливок ликвидами и неметаллическими включениями, а у толстостенных отливок эта поверхность может иметь пористость, что вынуждает увеличивать припуск на механическую обработку свободных поверхностей на 25 %;
- для получения отливок требуются специальные машины; литейные формы дорогостоящие, они должны иметь высокие прочность и герметичность ввиду повышенного давления металла.

5. Изготовление заготовок литьём под давлением.

Жидкий металл подается в пресс-форму под давлением около 100 МПа. Этапы технологического процесса отливки заготовок под давлением с холодной камерой прессования приведены на рисунке 2.4.

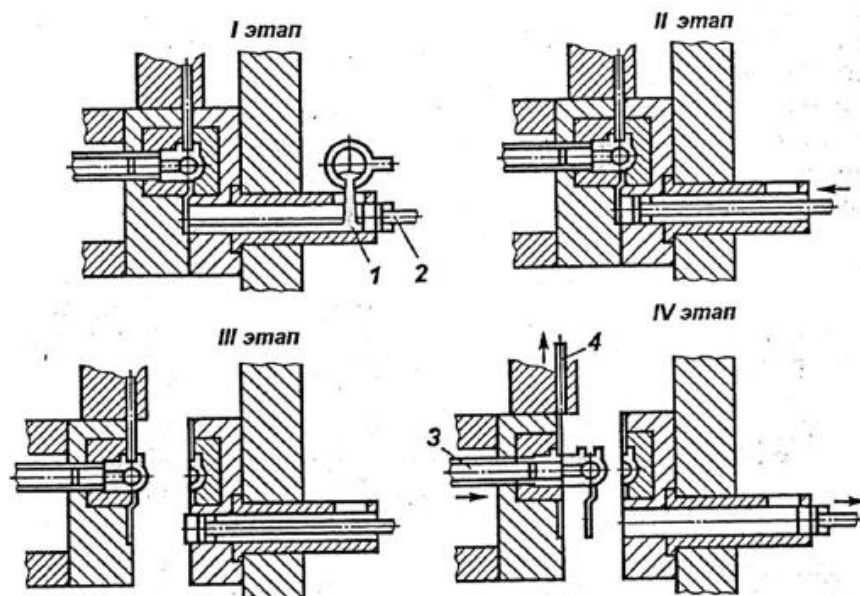


Рисунок 2.4 – Схема процесса изготовления заготовки литьём под давлением:
1 – прессовальная камера; 2 – поршень; 3 – выталкиватель;
4 – стержень

Расплавленный металл подается в прессовальную камеру 1 (этап I), где под действием поршня 2 заполняет полость металлической пресс-формы (II этап). После затвердевания металла извлекается стержень 4 (III этап) и вскрывается пресс-форма, из которой выталкивателем 3 удаляется отливка (IV этап).

Литье под давлением применяют, главным образом, для изготовления заготовок из цветных сплавов со сложными тонкими стенками (блоков цилиндров легковых автомобилей, корпусов масляных насосов и др.). Прочность деталей, полученных литьем под давлением, на 20–30 % выше, чем в земляные формы, производительность – 200–400 отливок в час. Заготовки имеют незначительные припуски, поэтому трудоемкость их обработки на 80 – 90 % меньше, чем литых. Точность – 11–12 квалитеты.

Развитием способа литья под давлением является штамповка заготовок из жидкого металла. При этом методе в 1,5 раза уменьшается расход металла, чем при литье под давлением, т.к. отсутствует литниковая система. Структура металла – плотная, мелкокристаллическая. В зарубежной практике применяется способ непрерывной отливки заготовок гильз автомобильных двигателей.

6. Получение заготовок литьём в оболочковые формы.

Оболочковая форма изготавливается из песчано-смоляной смеси, состоящей из 90–95 % кварцевого песка и 5–10 % термореактивной фенолоформальдегидной смолы. При помещении металлической полумодели, подогретой до температуры 150–200 °С в формовочную смесь, образуется корка толщиной 4–8 мм. Для отверждения корки модель помещают в печь при температуре 340–390 °С. Затем модель извлекают и образуются две полуформы, при соединении которых получают оболочковую форму. Форму изготавливают из двух или более частей.

На рисунок 2.5 приведен один из вариантов технологического процесса изготовления оболочковой формы. Нагретая до температуры 200 °С модель 1

(рисунок 2.5, а) помещается в бункер 2, в котором находится формовочная смесь 3. После поворота модельной плиты с бункером на 180° формовочная смесь насыпается на неё и выдерживается на нагретой модельной плите до образования оболочки толщиной 5 – 15 мм (рисунок 2.5, б). Затем плита возвращается в исходное положение (рисунок 2.5, в), после чего полученная оболочка прокаливается в печи при температуре 300 – 350 °С. Образованная таким образом твердая оболочка 4 снимается с модели специальным выталкивателем 5 (рисунок 2.5, г). Заливка металла в оболочковые формы может производиться при расположении формы как в горизонтальном, так и в вертикальном положении. В последнем случае для предохранения формы от преждевременного разрушения её помещают в опоку 6 и засыпают чугунной дробью 7 (рисунок 2.5, д). Выбивка отливок из формы производится на специальных вибрационных установках.

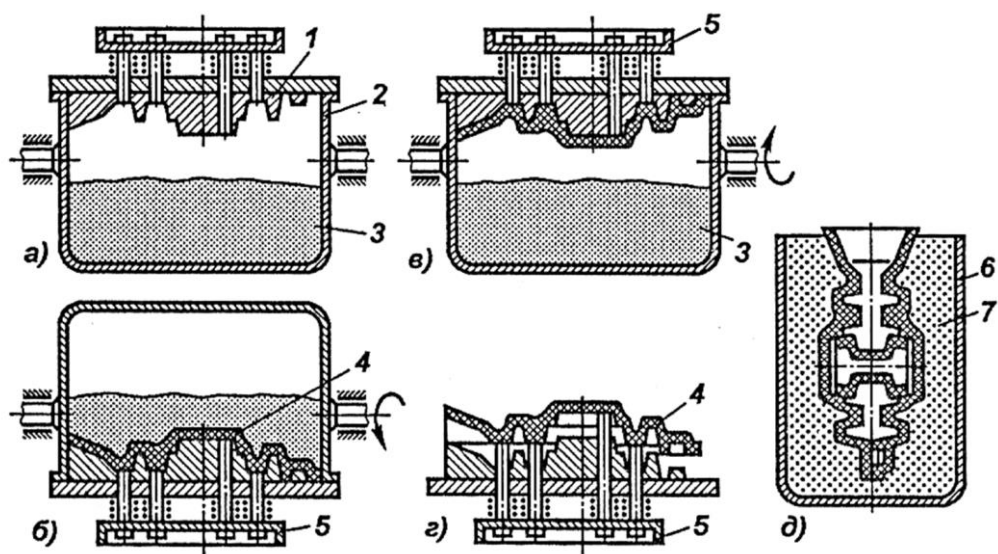


Рисунок 2.5 – Изготовление оболочковой формы: а – исходное положение модели и формовочной смеси в бункере; б – выдерживание формовочной смеси на нагретой модельной плите; в – возвращение плиты в исходное положение и прокаливание оболочковой формы; г – снятие оболочки с модели; д – заливка формы; 1 – модель; 2 – опрокидывающий бункер; 3 – формовочная смесь; 4 – твердая оболочка; 5 – выталкиватель; 6 – опока; 7 – металлическая дробь

Стоимость оболочкового литья в 2 раза выше по сравнению с литьем в земляные формы, но объем механической обработки на 30–50 % меньше, расход формовочных материалов в 10 раз ниже. Процесс литья в оболочковые формы легко автоматизируется, что значительно улучшает условия труда.

Способ применяется для отливок сложных деталей (чугунных коленчатых и распределительных валов автомобилей).

7. Получение заготовок литьём по выплавляемым моделям.

Модели получают прессованием легкоплавких материалов (температура наплавления 50–70 °С) в специальную пресс-форму. После затвердевания модель

извлекают, окунают в жидкую огнеупорную массу, обсыпают кварцевым песком и прокаливают в печи при температуре 850–950 °С. После чего из формы выплавляют легкоплавкую модель.

Последовательность процесса формовки при литье по выплавляемым моделям приведена на рисунке 2.6. Формовочная смесь, состоящая из воска, стеарина, специального состава РЗ, содержащего парафин, синтетический церезин, буроугольный воск, а также другие материалы, подается под давлением в пресс-форму 2 (рисунок 2.6, а). После затвердевания состава модели извлекают из пресс-формы и собирают в блоки 3 (рисунок 2.6, б). Блок моделей покрывают жаропрочным слоем 4 при многократном окунании в специальную смесь, состоящую из маршаллита и связующего состава (жидкого стекла или этилсиликата) (рисунок 2.6, в). После чего блок моделей обсыпают в несколько слоев мелким кварцевым песком 5 (рисунок 2.6, г) и просушивают на воздухе или в парах аммиака 6 (рисунок 2.6, д). Затем выплавляют состав из полученной оболочковой формы и производят формовку её в опоке путем засыпки кварцевым песком 5 (рисунок 2.6, е) с последующим прокаливанием в печи 7 при температуре 850–950 °С (рисунок 2.6, ж). Наконец, готовую форму 8 заливают жидким металлом (рисунок 2.7, з). После охлаждения формы отливки извлекают из формы, очищают и отделяют их от элементов литниковой системы.

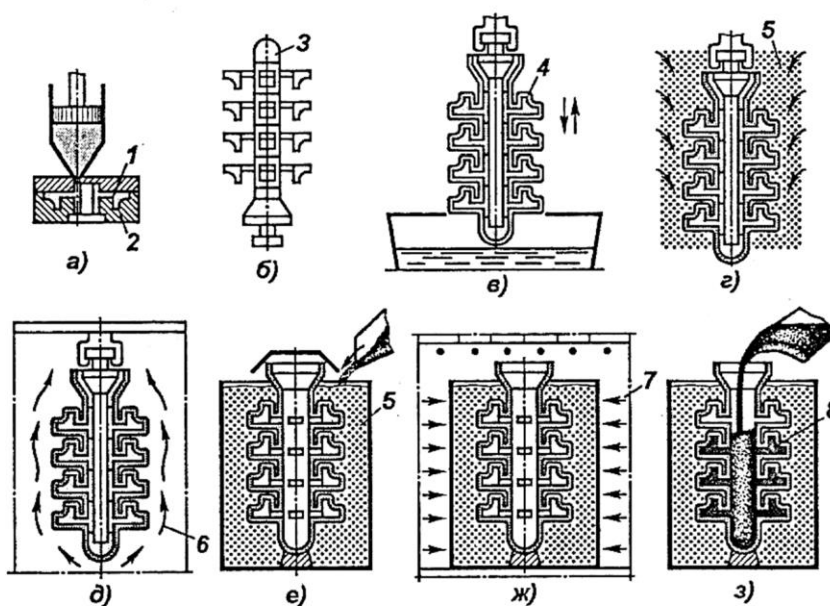


Рисунок 2.6 – Изготовление формы при литье по выплавляемым моделям: 1 – полость для получения модели; 2 – разъемная пресс-форма; 3 – блок моделей; 4 – жаропрочный слой; 5 – кварцевый песок; 6 – пары аммиака; 7 – печь для прокаливания блоков моделей; 8 – прокаленная форма

Способ позволяет получать заготовки сложной формы высокой точности (11–15 квалитет) с шероховатостью поверхности $Ra = 10 - 2,5$ мкм (шлицевые валики, зубчатые колеса, крыльчатки жидкостных насосов и др.). Способ применяется для получения заготовок из высоколегированных сталей и труднообрабатываемых сплавов. Минимально возможная толщина стенки отливки – 0,5 мм.

8. Изготовление заготовок свободной ковкой и горячей объемной штамповкой.

Свободная ковка. Свободной ковкой называют процесс, при котором формообразование заготовок происходит под действием ударов бойка молота или нажимом бойка пресса. Деформируемый металл, нагретый до ковочных температур, неограниченно течет во все стороны в пространстве между бойками, принимая форму, приближающуюся к упрощенному очертанию детали. Заготовки, полученные свободной ковкой, могут иметь вес от нескольких сот граммов до 200-300 т.

На рисунке 2.7 представлен общий вид ковочного гидравлического пресса. Гидравлический пресс – машина статического действия, обеспечивающая скорость деформирования $V_g \leq 0,3$ м/с. Усиление для деформирования металла создается рабочей жидкостью под давлением 20-30 МПа, поступающей поочередно в рабочий цилиндр 1, в который входит плунжер 2 и возвратные 4 соответственно для опускания траверсы 5 с верхним бойком и подъема рабочих частей пресса. Обрабатываемая заготовка размещается на нижнем бойке 6.

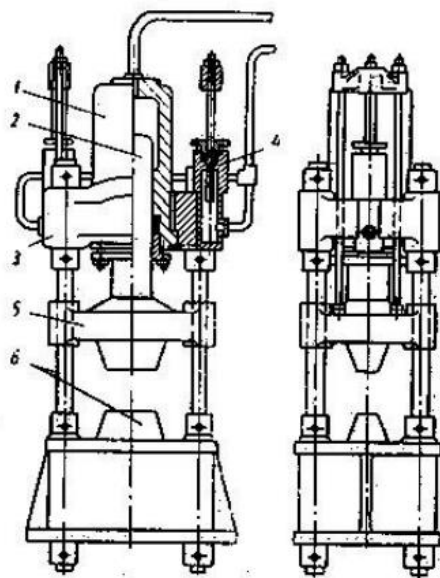


Рисунок 2.7 – Гидравлический ковочный пресс

Заготовки, полученные свободной ковкой, имеют большие припуски, требуют значительных затрат на последующую механическую обработку, и их применяют в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Горячая объемная штамповка. Штамповка позволяет получить более точные по форме заготовки с меньшими затратами времени и средств на последующую механическую обработку по сравнению с заготовками, полученными свободной ковкой. При штамповке заготовки получают в штампах – инструментах, имеющих полости, называемые ручьями, формы которых соответствуют требуемой конфигурации. Стенки ручья штампа допускают течение деформируемого металла только в определенном направлении и до определенных размеров.

Штамп состоит из двух частей (рисунок 2.8): неподвижная 1 закрепляется на столе штамповочного пресса или молота, подвижная 2 – на ползуне. Нагретая заготовка 3 помещается в ручей неподвижной части штампа (рисунок 2.8, а) при постепенном нажатии или ударе подвижной (верхней) частью штампа, заполняет ручей (рисунок 2.8, б).

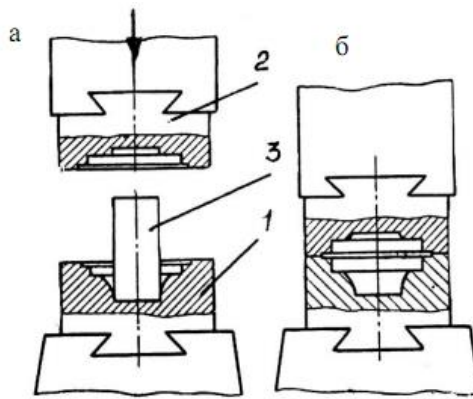


Рисунок 2.8 – Одноручевой штамп для горячей штамповки

Примеры заготовок, полученных горячей объемной штамповкой, представлены на рисунке 2.9.

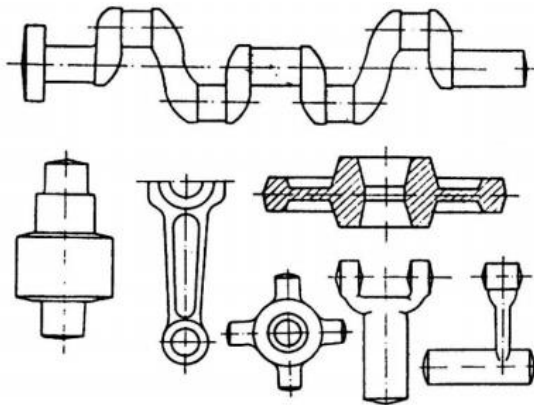


Рисунок 2.9 – Штамповки

Штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ). Конструктивные формы заготовок, изготавливаемых на ГКМ, должны допускать разделение штампов на три части с двумя перпендикулярными плоскостями разреза $x-x$ и $y-y$. Схема штамповки на ГКМ приведена на рисунке 2.10. Материал подается на расчетную длину, после чего подвижная часть матрицы 2 смыкается с её неподвижной частью 1. После чего пуансон 3 начинает совершать ударные движения в горизонтальной плоскости по выступающей части заготовки до заполнения матрицы металлом по всему контуру. Стойкость штампов составляет 10–20 тыс. заготовок.

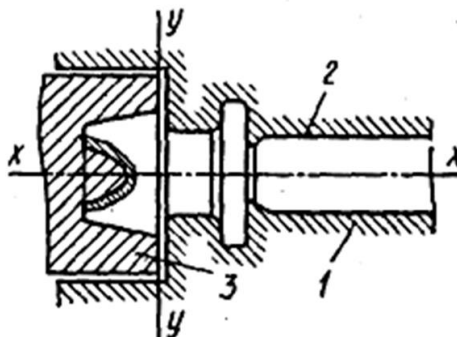


Рисунок 2.10 – Схема штамповки на ГКМ: 1 – неподвижная часть матрицы; 2 – подвижная часть матрицы; 3 – пуансон

Способ является высокопроизводительным при изготовлении заготовок, имеющих форму тел вращения. Точность заготовок – 13 – 14 квалитет.

9. Вальцовка. Холодная объемная штамповка (высадка).

Вальцовка на ковочных вальцах. Вальцовкой называется процесс обработки давлением, при котором деформирование заготовки происходит во вращающихся секторах – штампах, расположенных на валиках. Схема вальцовки приведена на рисунке 2.11. Валики вращаются синхронно и при замыкании образуют профиль заготовки (рисунок 2.11, б). Вальцовка применяется для предварительного или окончательного обжатия заготовок из прутка или полосы (шатуны, ключи, вилки, рычаги).

Процесс вальцовки длится 4–5 с, поэтому после вальцовки можно выполнять последующую штамповку без дополнительного подогрева.

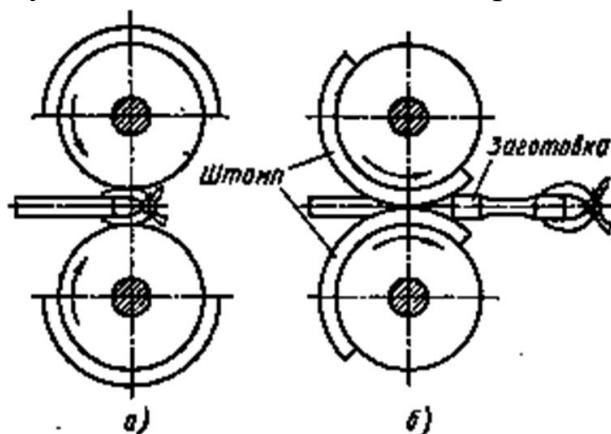


Рисунок 2.11 – Схема вальцовки на ковочных вальцах: а – исходное положение; б – вальцовка

Такое сочетание вальцовки и штамповки повышает производительность, снижает расход металла на 10–15 % и обеспечивает более благоприятное расположение волокон металла, чем при штамповке на молотах и прессах.

Холодная объемная штамповка (высадка). Применяется в основном для получения заготовок крепежных деталей и других мелких деталей (толкателей, клапанов) на специальных холодно-высадочных прессах-автоматах (производительность – 400 шт./мин).

10. Холодная листовая штамповка.

Листовую штамповку применяют при производстве заготовок из листа, полосы, ленты. Далее из штампованных заготовок сваркой получают металлоконструкции: стрелы, ходовые и поворотные рамы экскаваторов, кузова легковых автомашин, корпуса морских судов и т.п.

Штамповку выполняют на прессах (рисунок 2.12) с установленными на них штампами. Такие прессы имеют кривошипный вал с шатуном 1. На один конец кривошипного вала устанавливают маховик 2, вращаемый от электродвигателя с помощью ременной передачи. Шатун 1 передает возвратно-поступательное движение ползуну 3 прессы. На столе 4 устанавливают штамп. Для управления прессом служит педаль 5. Быструю остановку кривошипно-шатунного механизма прессы осуществляют тормозом 6.

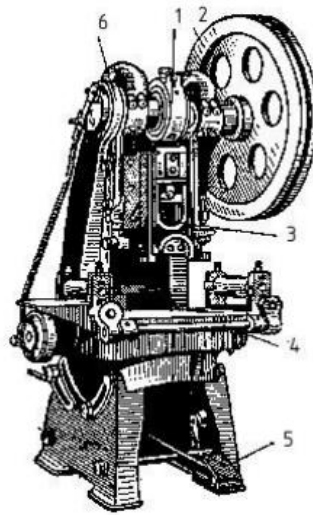


Рисунок 2.12 – Двустоечный кривошипный пресс

Основными рабочими частями штампа являются пуансон и матрица. Пуансон вдавливают в деформируемый материал и совместно с матрицей формируют конфигурацию заготовки.

Операции листовой штамповки:

- разделительные, при которых одна часть металла отделяется от листа или полосы;
- формоизменяющие, в результате которых деформируемая часть металла изменяет свои формы и размеры.

Примеры операций листовой штамповки приведены на рисунке 2.13.

Разделительные операции: отрезка – отделение части металла на листовых (рисунок 2.13, а) или дисковых (рисунок 2.13, б) ножницах; вырубка (рисунок 2.13, в) – отделение заготовки с замкнутым контуром и некоторые другие.

Формоизменяющие операции: гибка (рисунок 2.13, г) – изгиб одной или нескольких частей заготовки; вытяжка – штамповка из плоской заготовки полового изделия (рисунок 2.13, д) или из большего меньшего (рисунок 2.13, е) и т.п.

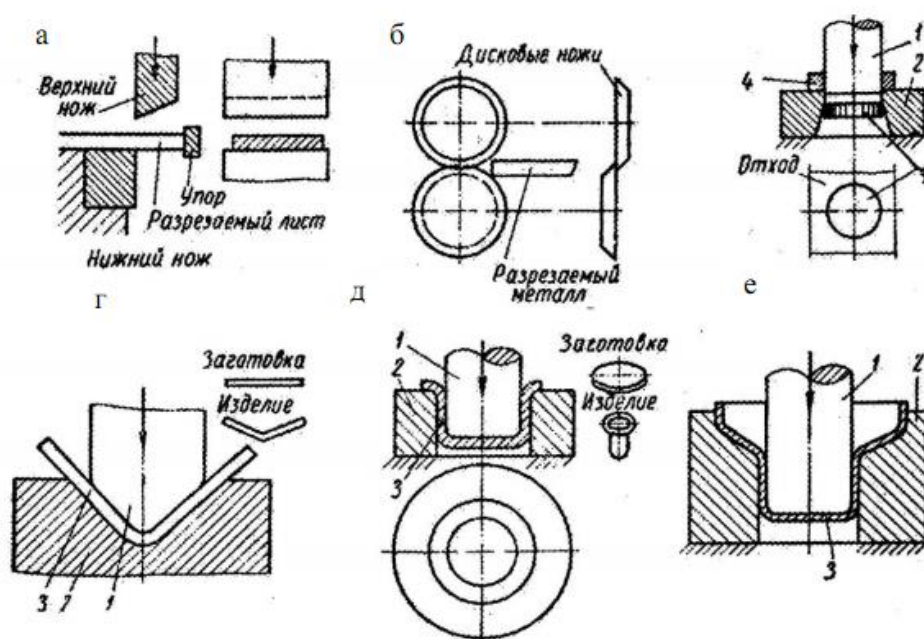


Рисунок 2.13 – Операции листовой штамповки: 1 – пуансоны; 2 – матрица; 3 – изделие; 4 – отход

11. Поперечно-винтовая прокатка.

Сущность формирования заготовки заключается в обжатии ее тремя вращающимися валками 2, имеющими радиальное перемещение с помощью поршневых гидроприводов 3, движениями которых управляет шуп 4, скользящий по копиру 5 (рисунок 2.14).

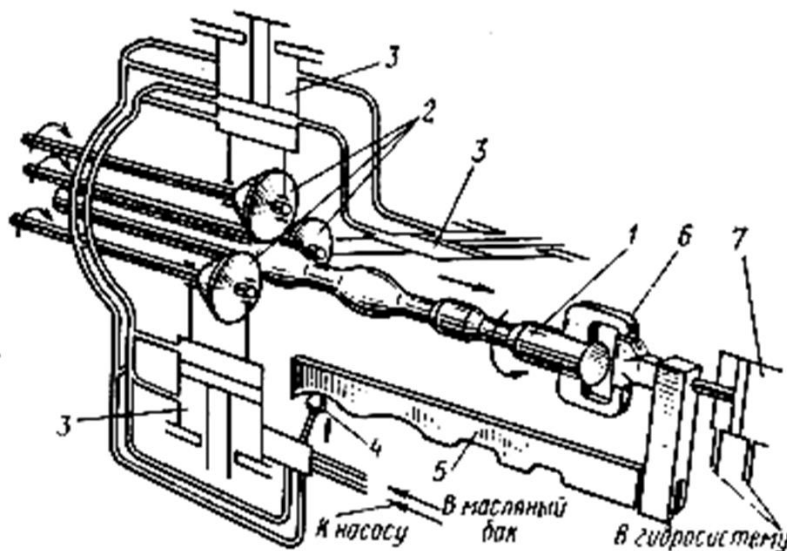


Рисунок 2.14 – Схема поперечно-винтовой прокатки: 1 – заготовка; 2 – валки; 3, 7 – поршневые гидроприводы; 4 – шуп; 5 – копир; 6 – механическая рука

Осевое перемещение обрабатываемой заготовки относительно валков осуществляется механической рукой 6 и поршневым гидроприводом 7. Заготовка подвергается предварительному подогреву высокочастотным индуктором, расположенным перед обрабатывающими валками. Способ обеспечивает высокую точность заготовок. Экономия металла составляет 20–30 %. Заготовки имеют более высокие механические свойства за счет более выгодного расположения волокон металла.

Поперечно-винтовая прокатка применяется для изготовления заготовок с поверхностями тел вращения (многоступенчатых валиков, полуосей и др. подобных деталей).

12. Заготовки из проката, сварные заготовки.

Заготовки из круглого проката для валов в большинстве случаев более целесообразны, чем кованные или штампованные заготовки. Однако если масса заготовки из проката превышает массу штамповки более чем на 15%, лучше применять штампованные заготовки.

Изготовление заготовок из труб также является одним из рациональных способов. Несмотря на то, что тонна горячего проката стоит в среднем в 1,5 раза меньше, чем тонна труб, тем не менее, экономия металла при производстве деталей из труб по сравнению с изготовлением из круглого проката может покрыть разницу в стоимости.

Исключение может быть сделано только для деталей, которые подвергают дальнейшей неоднократной обработке (сверлению, фрезерованию и др.), и если коэффициент использования материала ниже 0,5.

Максимального подобию конструктивных форм и размеров заготовок готовым деталям можно достигнуть применением специальных профилей металла. Применение периодического проката, т. е. проката с максимальным подобием заготовки и детали, обеспечивает повышение коэффициента использования металла при штамповке в среднем на 10...15% благодаря сокращению потерь на облой, содействуя одновременно повышению производительности труда как в заготовительных, так и в механообрабатывающих цехах.

Из готового профильного проката заготовки изготавливают преимущественно в массовом производстве. Во многих случаях этот способ требует применения механической обработки или ограничивается отделочными операциями.

Сварные заготовки позволяют получать изделия такой конфигурации, которая обычно получается в результате литья или обработки резанием. В современном машиностроении часто применяют штампосварные заготовки. Замена деталей, полученных из отливок и изготовленных обработкой резанием, штампосварными значительно снижает себестоимость.

Наряду со штампосварными применяют также и сварно-литые заготовки, например при изготовлении заготовок для корпусных деталей, отличающихся большим разнообразием конструктивных форм, размеров, массы и материалов. Заготовку делят на ряд простейших частей, получаемых литьем, а затем соединяют их сваркой. Так изготавливают траверсы прессов, статоры турбин, станины станков и др. Этот вид заготовок резко снижает трудоемкость изготовления и металлоемкость изделия.

13. Получение заготовок из неметаллических материалов.

К неметаллическим материалам, широко применяемым в машиностроении, относятся: пластические массы, древесина, резина, бумага, асбест, текстиль, кожа и др. Неметаллические материалы, обеспечивая необходимую прочность при небольшой массе изготавливаемых из них деталей, придают деталям необходимые свойства: химическую устойчивость (к воздействию растворителей), водо-, газо- и паронепроницаемость, высокие изоляционные свойства и др.

В зависимости от химических свойств исходных смолообразных веществ пластические массы, получаемые на их основе, делят на две основные группы: 1) термореактивные пластические массы на основе термореактивных смол, отличающиеся тем, что при действии повышенных температур они претерпевают ряд химических изменений и превращаются в неплавкие и практически нерастворимые продукты; 2) термопластичные массы (термопласты), получаемые на основе термопластичных смол и отличающиеся тем, что при нагревании они размягчаются, сохраняя плавкость, растворимость и способность к повторному формованию.

Разнообразие физико-химических и механических свойств и простота переработки в изделия обуславливают широкое применение различных видов пластических масс в машиностроении и других отраслях народного хозяйства. Сравнительно небольшая плотность (1000...2000 кг/м³), значительная механическая

прочность и высокие фрикционные свойства позволяют в ряде случаев применять пластические массы в качестве заменителей, например цветных металлов и их сплавов — бронзы, свинца, олова, баббита и т. п., а при наличии некоторых специальных свойств (например, коррозионная стойкость) пластмассы можно использовать и в качестве заменителей черных металлов.

Высокие электроизоляционные свойства способствуют применению пластических масс в электро- и радиопромышленности в качестве заменителей таких материалов, как фарфор, эбонит, шеллак, слюда, натуральный каучук и многие другие. Хорошая химическая стойкость при воздействии растворителей и некоторых окислителей, водостойкость, газо- и паронепроницаемость позволяют применять пластические массы как технически важные материалы в автотракторной, судостроительной и других отраслях промышленности.

Детали из пластических масс получают прессованием, литьем под давлением и литьем в формы. Наиболее распространенным способом получения деталей из пластических масс является способ горячего прессования при необходимом давлении и температуре. В качестве основного оборудования для прессования пластмасс обычно применяют гидравлические прессы. Однако в некоторых случаях можно применять и другие типы прессов, например фрикционные, винтовые.

Прессование производят в металлических пресс-формах, устанавливаемых на прессах. Пресс-формы являются основным видом оснастки в производстве изделий из пластических масс. Во время прессования пресс-формы находятся в очень неблагоприятных эксплуатационных условиях. Они воспринимают многократные силовые нагрузки (давление прессы достигает 20...30 МПа, а иногда 60...80 МПа), систематическое воздействие высоких температур (до 190°C) и агрессивное коррозионное воздействие выделяющихся в процессе прессования продуктов химических превращений.

Важным промышленным способом производства деталей из пластмасс является способ литья под давлением. Он во многом сходен со способом литья под давлением металлов. Сущность его заключается в следующем: в загрузочные приспособления специальных машин помещают пластическую массу, затем подают их в обогревающее устройство, где пластмасса расплавляется и под действием поршня (плунжера), передающего давление, впрыскивается в пресс-форму. Машины для литья под давлением пластмасс высокопроизводительны: до 12... 16 тыс. шт. за смену. Этим способом можно изготавливать различные детали со сложными резьбами и профилями, тонкостенные детали и т. п. Литье в формы применяют в тех случаях, когда детали изготавливают из связующего без наполнителя. Этот способ применяют также для получения различных литых деталей из термореактивных пластмасс.

Детали из слоистых пластиков широко распространены в машиностроении. Например, текстолитовые зубчатые колеса отличаются от металлических бесшумностью работы и устойчивостью против влияния различных агрессивных сред. В ряде случаев текстолитовые зубчатые колеса почти совсем вытеснили зубчатые колеса из цветных металлов. Их применяют для передачи вращения от электродвигателей в быстроходных металлообрабатывающих станках, устанавливают на распределительных валах двигателей внутреннего сгорания. В химической промышленности текстолитовые зубчатые колеса применяют в различных аппаратах и приборах, где они гораздо лучше, чем зубчатые колеса из

бронзы и латуни, сопротивляются различным агрессивным воздействиям. Помимо зубчатых колес из текстолита изготавливают ролики, кольца и т. п.

14. Изготовление заготовок методом порошковой металлургии.

Технология производства заготовок методами порошковой металлургии включает в себя этапы: получение металлических порошков, формообразование заготовок, их спекание и механическая обработка.

Детали, полученные из таких материалов, обладают высокой плотностью и прочностью, приближающейся к прочности и плотности деталей, изготовленных из проката или литья. Промышленность выпускает порошки железа, меди, никеля, кобальта, серебра, вольфрама, титана и других материалов.

Формообразование представляет собой процесс получения из порошка полуфабриката заготовок определенных формы и размеров, обладающих прочностью, достаточной для извлечения из пресс-форм. Формообразование, как правило, осуществляют с приложением внешних сил (давления). Наибольшее распространение получили процессы статического, гидростатического, вибропрессования. Самое широкое применение находит способ статического прессования, что связано с простотой процесса и возможностью его механизации и автоматизации.

Статическое прессование представляет собой процесс уплотнения порошковой массы, насыпанной в пресс-форму (рисунок 2.15).

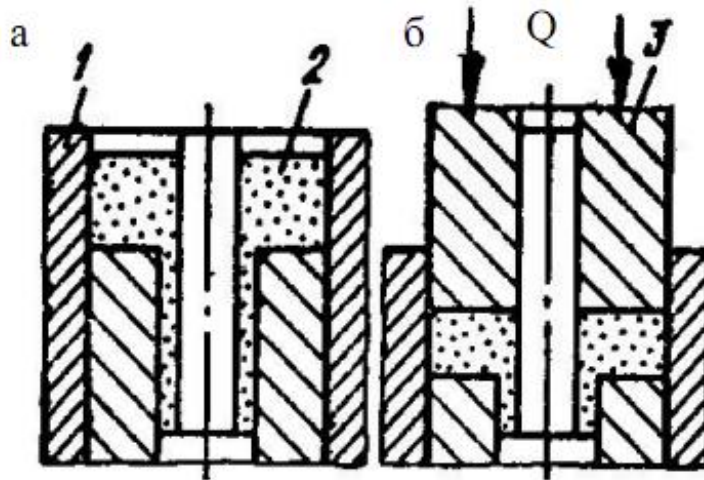


Рисунок 2.15 – Схема статического прессования: а – заполнение пресс-формы 1 порошком 2; б – уплотнение порошка пуансоном 3

Для обеспечения требуемых механических свойств после прессования заготовку спекают. Этот процесс, как правило, осуществляют в среде защитного газа или вакууме, что предохраняет частицы порошка от окисления при нагреве. Температура при спекании заготовок на железной основе составляет 1000 – 1200 °С, а цветных металлов – 700–800 °С.

Далее заготовки, если это требуется, обрабатывают теми же методами, что и полученные литьем или обработкой давлением.

15. Экономическое обоснование выбора заготовки.

Способ получения заготовки оказывает влияние на технологический процесс обработки детали и её себестоимость. О целесообразности выбранного вида заготовки можно судить только после расчёта технологической себестоимости детали по сравниваемым вариантам. Предпочтение необходимо отдать той заготовке, которая обеспечивает меньшую технологическую себестоимость детали. При равной технологической себестоимости детали предпочтительным стоит считать вариант заготовки с более высоким коэффициентом использования металла.

При изготовлении детали из проката затраты на заготовку определяются следующим образом:

$$S_{\text{заг}} = Q_{\text{заг}} \cdot C_{\text{М}} - (Q_{\text{заг}} - q_{\text{дет}}) \cdot \frac{C_{\text{отх}}}{1000}, \text{ руб}$$

где $S_{\text{заг}}$ – стоимость изготовления заготовки, руб.;

$C_{\text{М}}$ – цена 1 кг материала заготовки, руб.;

$C_{\text{отх}}$ – цена 1 т отходов, руб.;

$Q_{\text{заг}}$ – масса заготовки, кг;

$q_{\text{дет}}$ – масса детали, кг.

При получении заготовок литьём и пластическим деформированием (горячей штамповкой на молотах, прессах, ГKM и электровысадкой) стоимость заготовки можно определить по формуле:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{q}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{П}} \right) - (Q_{\text{заг}} - q_{\text{дет}}) \cdot \frac{C_{\text{отх}}}{1000}, \text{ руб}$$

где C_i – базовая стоимость 1 т. заготовок, руб.

$K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{q}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{П}}$ – коэффициенты зависящие от класса точности, группы

сложности, массы, марки материала и объёма производства заготовок.

Экономический эффект при сопоставлении способов получения заготовок, при которых не меняется технологический процесс механической обработки, определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = (S_{\text{заг1}} - S_{\text{заг2}}) \cdot N, \text{ руб.}$$

где $\mathcal{E}$ – экономический эффект, руб.;

$S_{\text{заг1}}, S_{\text{заг2}}$ – стоимость сопоставляемых заготовок, руб.;

N – программа предприятия для изготовления деталей.

Тема 3: Точность механической обработки деталей.

1. Основные понятия и определения базирования при механической обработке.

В общем случае базированием называется придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат (ГОСТ 21495—76).

Необходимость в базировании возникает при механической обработке заготовок в различных технологических системах, при сборке, при установке на станок режущего инструмента, при измерении.

Применительно к условиям механической обработки базированием принято считать придание заготовке требуемого положения относительно элементов станка, определяющих траектории движения режущего инструмента при подаче.

Для выполнения технологической операции требуется не только осуществить базирование обрабатываемой заготовки, но также необходимо обеспечить ее неподвижность относительно приспособления на весь период обработки, гарантирующую сохранение неизменной ориентировки заготовки. В связи с этим при установке заготовок в приспособления решаются две различные задачи: ориентировка, осуществляемая базированием, и создание неподвижности, достигаемое закреплением заготовок.

Известно, что для полного исключения подвижности твердого тела в пространстве необходимо лишить его шести степеней свободы: трех поступательных перемещений вдоль осей координат и трех вращений вокруг указанных осей. Это достигается наложением связей.

Под связями понимают ограничения позиционного (геометрического) или кинематического характера. При этом под позиционными связями понимают связи ограничивающие перемещение рассматриваемого тела, а под кинематическими — связи ограничивающие скорости. При базировании, как правило, имеют дело с позиционными связями.

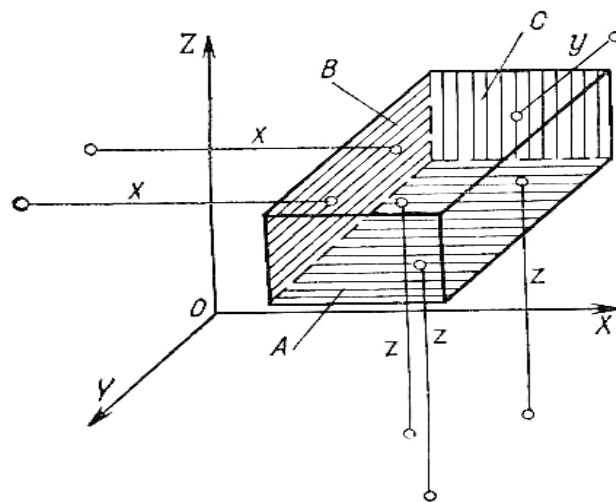


Рисунок 3.1 – Ориентировка в пространстве твердого тела

Для ориентировки призматического тела в пространстве необходимо соединить три точки его нижней поверхности, не лежащие на общей прямой, двусторонними позиционными связями с плоскостью XOY прямоугольной системы координат.

При этом двусторонние связи могут быть представлены как недеформируемые стержни, сохраняющие способность скользить по плоскости XOY вдоль осей OX и OY , не отрываясь от нее и от нижней плоскости A призматического тела.

В результате этого призматическое тело лишается трех степеней свободы, оно теряет возможность поступательного движения вдоль оси OZ и возможность вращения вокруг осей OY и OZ (установочная база).

Две двусторонние связи, соединяющие боковую поверхность B с плоскостью YOZ лишают твердое тело возможности перемещений вдоль оси OX и поворотов вокруг оси OZ (направляющая база).

Одна двусторонняя связь, соединяющая поверхность C с плоскостью XOZ лишает твердое тело возможности перемещений вдоль оси OY (опорная база).

Двухсторонние позиционные связи могут рассматриваться как идеальные опорные точки.

При этом под «идеальной опорной точкой» подразумевается точка контакта поверхностей заготовки и приспособления, лишаящая заготовку одной степени свободы, делая невозможным ее перемещение в направлении, перпендикулярном опорной поверхности.

Опорная точка в этом случае названа идеальной, потому что, в реальных условиях базирования материальная опорная точка приспособления в сочетании с приложенной к заготовке силой лишает заготовку трех степеней свободы, так как ограничивает не только перемещения по нормали к опорной поверхности, но и воздействием сил трения исключает возможность перемещения заготовки в двух перпендикулярных к нормали направлениях. Связи, реализуемые силами трения, называются фрикционными.

Число идеальных опорных точек принадлежащих той или иной поверхности контакта заготовки и приспособления можно считать равным числу степеней свободы, отнимаемых у заготовки при базировании по этой поверхности.

Правило шести точек. Для полного базирования заготовки в приспособлении необходимо и достаточно создать в нем шесть опорных точек, расположенных определенным образом относительно базовых поверхностей заготовки.

Поверхности заготовок или деталей, используемые при базировании, называют базами.

Схема расположения опорных точек на базовых поверхностях заготовки называется теоретической схемой базирования.

Назначения технологических баз и выбор теоретической схемы базирования являются ответственным этапом проектирования технологической операции.

На схеме базирования согласно ГОСТ 21495 - 76 идеальная опорная точка обозначается символами

 — для вида сбоку и  — для вида сверху.

Как уже указывалось, при переходе от теоретической схемы базирования к реальной схеме установки заготовки в приспособление идеальные опорные точки превращаются в материальные точки контакта, поэтому для обеспечения

неподвижности заготовки в приспособлении, то есть для обеспечения неизменности положения заготовки достигнутого базированием необходимо ее закрепление.

По назначению различают следующие виды баз:

1) Конструкторская база – это поверхность, линия или точка на рабочем чертеже детали, относительно которых конструктор задаёт размеры и взаимное положение других поверхностей;

2) Технологическая база – поверхность, используемая для определения положения заготовки в процессе изготовления или ремонта;

3) Измерительная база – поверхность, которая используется для определения относительного положения заготовки и средств измерения, т.е. от которой производят отсчёт размера обработки.

При базировании встречаются явные и скрытные базы. Явные базы представляют собой реальные поверхности. **Скрытые базы** представляют собой воображаемую плоскость, ось или точку у заготовки, геометрическую ось или ось вращения вала, зубчатого колеса и др.

2. Основные принципы выбора баз. Принципы совмещения и единства (постоянства) баз.

При проектировании технологических процессов правильное назначение технологических баз способствует повышению точности обработки или сборки. Поэтому при выборе баз необходимо учитывать следующие положения:

- поверхность заготовки или сборочной единицы, принятая за технологическую базу, должна быть обработана с требуемой точностью и шероховатостью; при обработке такой поверхности заготовку базируют по необработанным поверхностям, т.е. по черновым базам;

- за черновые базы следует принимать поверхности, которые остаются необработанными или могут быть обработаны с учетом обеспечения равномерного снятия припуска у заготовки при её обработке на последующих операциях;

- при обработке заготовок сложной конструкции (блок цилиндров) черновые базы должны быть гладкими и не иметь литейных и штамповочных уклонов, для чего они подвергаются предварительной механической зачистке;

- за черновые базы следует принимать поверхности, расположенные параллельно, перпендикулярно или концентрично технологической базе, т.к. при этом упрощается процесс базирования и повышается точность обработки технологической базы;

- за технологическую установочную базу принимается по возможности большая по площади поверхность заготовки или сборочной единицы, что позволяет дальше разнести три опорные точки и повышает устойчивость заготовки в процессе ее обработки;

- за направляющую технологическую базу принимается большая по длине и меньшая по ширине поверхность заготовки или сборочной единицы, что позволяет расположить точки, определяющие направление заготовки, на одной прямой и повысить точность базирования;

– при проектировании технологических процессов обработки деталей сложной конструкции с большим количеством точных взаимосвязанных поверхностей необходимо соблюдать принцип единства технологических баз, который заключается в использовании одних и тех же технологических баз при выполнении всех основных операций по обработке точных поверхностей;

– для достижения наивысшей точности обработки необходимо соблюдать принцип совмещения технологической, измерительной и конструкторской баз, поэтому при разработке конструкции детали необходимо предусматривать возможность использования конструкторской базы в качестве технологической и измерительной.

В процессе разработки технологических процессов, решая вопросы выбора баз, следует стремиться к соблюдению принципов совмещения и единства баз.

Сущность принципа совмещения баз заключается в том, что в качестве технологической базы принимается поверхность, которая является также конструкторской и измерительной базой. Учитывая это, технолог при проектировании техпроцесса должен анализировать не только рабочие чертежи детали, но и чертежи сборочных узлов. Конструктор также должен при проектировании детали учитывать возможность совмещения выбранных им конструкторских баз с технологическими и измерительными базами.

Несоблюдение этого принципа приводит к необходимости пересчёта размеров, определяющих взаимное расположение поверхностей. При этом возможно появление дополнительной погрешности обработки, а, следовательно, и необходимость применения дополнительных операций. Это может привести к снижению производительности обработки и увеличению себестоимости изготовления детали.

В тех случаях, когда совмещение технологических и конструкторских баз невозможно, необходимо стремиться к тому, чтобы обработка на этих операциях велась от одних и тех же базовых поверхностей. Эти поверхности должны быть обработаны в окончательные размеры с минимальными чертёжными допусками на размеры до конструкторских баз. Это положение при проектировании технологических процессов получило название **принципа единства (постоянства) баз**.

Принцип постоянства баз заключается в том, что для выполнения всех операций обработки заготовки используются одни и те же технологические базы. Осуществление этого принципа снижает погрешности взаимного расположения обработанных поверхностей. Необходимость соблюдения принципа постоянства баз объясняется тем, что смена баз сопровождается возникновением погрешностей установки. Поэтому в тех случаях, когда заготовку невозможно полностью обработать на одном станке и возникает необходимость обработки ее на других станках, то все технологические операции желательно выполнять на одной и той же технологической базе. Этот принцип практически в полной мере реализуется при обработке с одного установа заготовок сравнительно простых конструктивных форм, например, на токарно-револьверных станках, токарных автоматах и др.

3. Погрешность базирования при установке детали на станок.

На процесс обработки заготовок на металлорежущих станках оказывает влияние большое количество разнообразных факторов. Поддерживать на одном уровне значение этих факторов невозможно, поэтому в процессе механической обработки возникают погрешности, то есть отклонения характеристик точности (размеров, формы, взаимного расположения поверхностей) от требуемых значений.

В результате действия погрешностей при обработке партии заготовок, получаемые размеры несколько отличаются друг от друга и от размера, на который настроен станок. То есть имеет место рассеяние размеров заготовок, обработанных при одних и тех же условиях.

Погрешности механической обработки можно разделить на два вида: систематические и случайные.

Систематическая погрешность – это погрешность, которая для всех заготовок рассматриваемой партии остается постоянной или же закономерно изменяется при переходе от каждой обрабатываемой заготовки к следующей.

Причинами возникновения систематических погрешностей являются:

1. Погрешность в результате износа режущего инструмента, что в случае обработки заготовок на настроенных станках приводит к постепенному изменению получаемых размеров.
2. Геометрическая неточность технологического оборудования (станков).
3. Тепловые деформации технологической системы, приводящие к постепенному изменению взаимного положения обрабатываемых заготовок и режущего инструмента, что ведет к изменению получаемых при обработке размеров.

Случайная погрешность – погрешность, которая для различных заготовок рассматриваемой партии имеет различные значения, не подчиняющиеся никакой видимой закономерности.

Причинами возникновения случайных погрешностей являются:

1. Колебание упругих отжатий технологической системы вследствие непостоянства величины снимаемого припуска и твердости заготовки.
2. Непостоянство положения заготовки вследствие погрешности установки.
3. Неточность настройки станка.

При обработке заготовок на предварительно настроенных станках достигаемая точность зависит от взаимного расположения режущего инструмента и измерительной базы выдерживаемого при обработке размера.

Под измерительной базой следует понимать поверхность, линию или точку от которой указан данный размер или другая характеристика точности.

Колебание положения измерительной базы заготовки является причиной возникновения погрешности установки ε_y). Значение ε_y складывается из погрешности базирования (ε_6), погрешности закрепления (ε_3) и погрешности приспособления ($\Delta_{пр}$). Величина погрешности установки рассчитывается по формуле.

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \Delta_{пр}^2}.$$

Выделяют две составляющие погрешности базирования:

1. Погрешность схемы базирования, возникающая при несовпадении измерительной и технологической базы выдерживаемого размера.

2. Погрешность базирования, вызванная неточностями формы и шероховатостью базовой поверхности заготовки. Данная разновидность погрешности особенно велика при установке заготовок черновыми технологическими базами, то есть необработанными поверхностями, полученным, например, литьем или ковкой.

Под технологической базой понимается поверхность заготовки, определяющая ее положение на станке (в приспособлении) в процессе обработки. Как правило, это поверхность, соприкасающаяся с установочными элементами приспособления, относительно которых осуществляется установка режущего инструмента при настройке станка.

Погрешность схемы базирования можно определить как разность предельных положений измерительной базы выдерживаемого размера относительно установленного на размер инструмента (величина колебания измерительной базы на направление выдерживаемого при обработке размера).

В случае совпадения технологической и измерительной баз погрешность схемы базирования равно нулю, что при прочих равных условиях обеспечивает высокую точность обработки. Такое совмещение баз называется принципом единства баз.

Рассмотрим методику определения погрешности схемы базирования на примере обработки (фрезерования) уступа у заготовки, имеющей форму диска с центральным отверстием, при ее установке на палец с зазором. Фрезерование выполняется на предварительно настроенном станке. Схема обработки и установки заготовки приведена на рисунке 1.

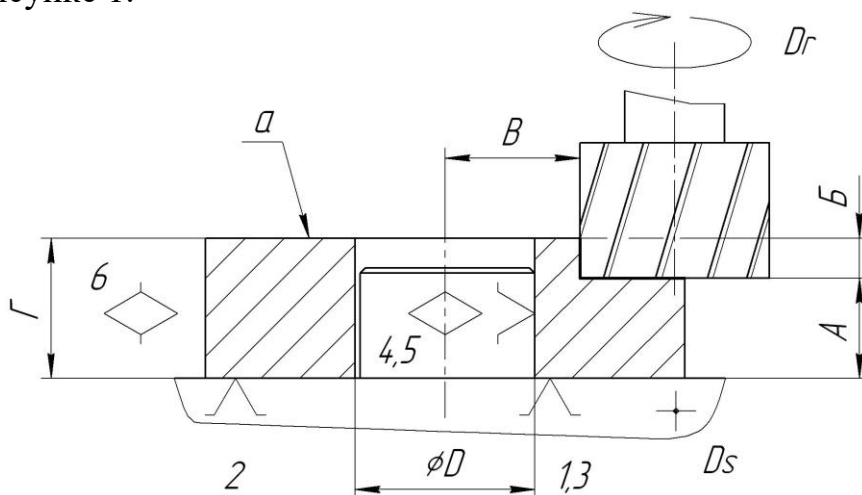


Рисунок 3.2 – Схема к определению погрешности схемы базирования

Размер А.

Технологическая база – установочная плоскость заготовки, точки 1, 2, 3.

Измерительная база – та же поверхность (от нее задан размер А).

Технологическая и измерительная базы совпадают, погрешность схемы базирования равна нулю.

Размер Б.

Технологическая база – установочная плоскость заготовки, точки 1, 2, 3.

Измерительная база – поверхность а заготовки (от нее задан размер Б).

Технологическая и измерительная базы не совпадают.

Измерительная база выдерживаемого размера может занимать разные положения по высоте из-за непостоянства в пределах допуска размера Г заготовки.

$$\varepsilon_B = \delta_\Gamma$$

Размер В.

Технологическая база – отверстие заготовки диаметром D, точки 4, 5.

Измерительная база – ось отверстия заготовки (от нее задан размер В).

Технологическая и измерительная базы не совпадают.

Измерительная база может занимать разные положения в горизонтальном направлении из-за наличия зазора между базовым отверстием и установочным пальцем приспособления.

При этом необходимо учитывать максимальный возможный зазор.

$$\varepsilon_6 = S_{\max} = S_{\min} + \delta D_{\text{отв}} + \delta D_{\text{пал}}$$

4. Характеристика точности.

Точность изготовления деталей является одним из основных параметров, обеспечивающих высокое качество и надёжность автомобилей. Точность влияет не только на геометрические параметры деталей, но и качественные показатели работы машин: рабочие скорости, воспринимаемые удельные нагрузки, производительность, мощность, КПД и т.д.

В процессе изготовления неизбежно возникают отклонения параметров детали от её номинальных значений.

Точность детали определяется отклонениями от заданной геометрической формы; действительных размеров детали от номинальных значений; поверхностей и осей детали от точного взаимного расположения (несоосность, непараллельность, неперпендикулярность, неконцентричность).

Точность изготовления деталей является относительным понятием.

Точностью обработки называют степень соответствия формы, размеров и взаимного расположения поверхностей детали тем же параметрам, заданным на рабочем чертеже.

Точность формы детали имеет важное значение, т.к. оказывает влияние на работу сопряжённых поверхностей.

На точность формы влияют профиль и установка режущего инструмента, вид рабочих движений станка, точность копирных устройств.

Точность размера определяется точностью установки режущего инструмента, длиной прохода и размерами самого инструмента (мерного или профильного).

Точность взаимного расположения поверхностей при обработке детали в несколько операций зависит от погрешности базирования детали на различных операциях.

При изготовлении точных деталей допустимое отклонение формы задаётся в более жёстких пределах, чем точность взаимного расположения поверхностей, которая, в свою очередь, выше точности размеров, связывающих поверхности.

5. Факторы, влияющие на точность обработки.

На точность обработки влияет ряд факторов. К ним могут быть отнесены: неточность и износ станка, неточность и износ приспособлений и инструментов,

погрешности установки детали на станке, не жёсткость системы СПИД, температурные деформации, остаточные напряжения и др. Степень влияния указанных факторов на точность обработки различна.

Неточность и износ станка.

Металлообрабатывающие станки изготавливают с определённой точностью, регламентированной ГОСТом. Так, по данным ГОСТа радиальное биение шпинделей токарных и фрезерных станков допускается в пределах $0,01...0,015$ мм, торцевое биение – $0,01...0,02$ мм, не прямолинейность и не параллельность направляющих станин токарных станков на длине 1000 мм – $0,02$ мм и т.д.

Следовательно, неточность кинематической схемы металлорежущего станка переносится обрабатываемую деталь. При нагружении станка усилиями резания неточность кинематической схемы возрастает за счёт односторонней выборки зазоров в соединениях.

Станок при эксплуатации изнашивается по поверхностям трения, что так же отражается на его точности.

Неточность и износ приспособлений.

Приспособление изготавливается с учётом точности изготовления детали. При точности обработки детали по $6...9$ качеству допуски на точные размеры приспособления устанавливают в пределах $1/2...1/3$ допуска на соответствующие размеры детали. При изготовлении приспособления вносится определённая погрешность, влияющая на точность обработки. В процессе работы так же имеет место изнашивание отдельных деталей приспособления, что дополняет погрешность обработки на данном приспособлении.

Неточность и износ инструмента.

Инструмент изготавливается с высокой точностью, но режущий инструмент значительно изнашивается в процессе работы. Неточность режущего инструмента особенно мерного (развертки, зенкеры, протяжки, фасонные резцы, сверла и т.д.) переносится на обрабатываемые заготовки. Точность изготовления инструмента довольно высока и поэтому неточность изготовления инструмента мало отражается на точности изготовления деталей. Значительно большее влияние оказывает износ инструмента.

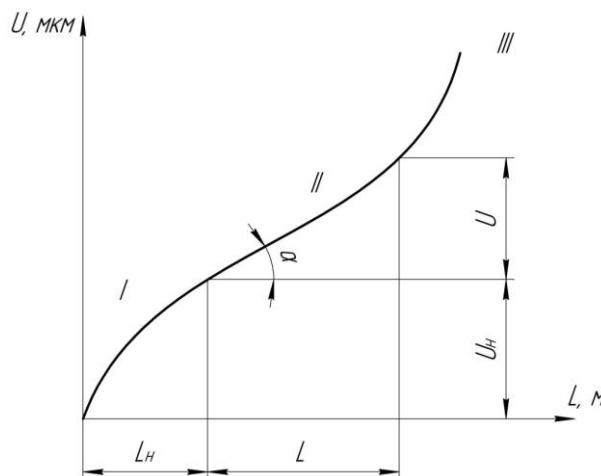


Рисунок 3.3 – Кривая износа

При чистовой обработке заготовок износ резцов происходит по их задней поверхности. Зависимость износа инструмента U от длины пути резания следующая: На участке I износ наиболее интенсивен. В период начального износа происходит

приработка режущего лезвия. Шероховатость поверхности постепенно уменьшается. Начальный износ и его продолжительность зависят от материалов режущей части и изделия, качества заготовки, доводки и режимов резания.

Второй период (участок II) характеризуется нормальным износом инструмента, прямо пропорциональным путём резания. Интенсивность этого износа принято оценивать относительно (удельным износом).

$$U_o, \text{ мкм/км. } U_o = U / L,$$

где U – размерный износ инструмента в мкм на пути резания L ;

L – путь резания в зоне нормального износа, км.

Участок III соответствует катастрофическому износу, выкашиванию и поломке.

Расчёт износа режущего инструмента, влияющего на точность обработки (зона

III):
$$U = \frac{U_o \cdot L}{1000}$$

Применительно к точению длина пути резания:

$$L = \frac{\pi \cdot D \cdot l}{1000 \cdot S}$$

где D – диаметр заготовки, мм;

l – длина обрабатываемой заготовки, мм;

S – подача, мм/об.

Величины начального и относительного износа режущих инструментов приводятся в справочниках.

Размерный износ режущего инструмента можно компенсировать периодической подналадкой станка. Компенсация износа мерного инструмента чаще всего осуществляется заменой инструмента на станке. Износ абразивного инструмента компенсируется правкой алмазным инструментом (карандаши, ролики).

Погрешность установки заготовки на станке.

Перед тем как начать обработку заготовки, ее следует правильно скоординировать относительно режущего инструмента и в этом положении зафиксировать.

Усилие закрепления заготовки может её деформировать или сместить относительно режущего инструмента. Все эти явления отражаются на точности обработки заготовки.

При обработке нежесткой заготовки деформации при закреплении её играют важную роль.

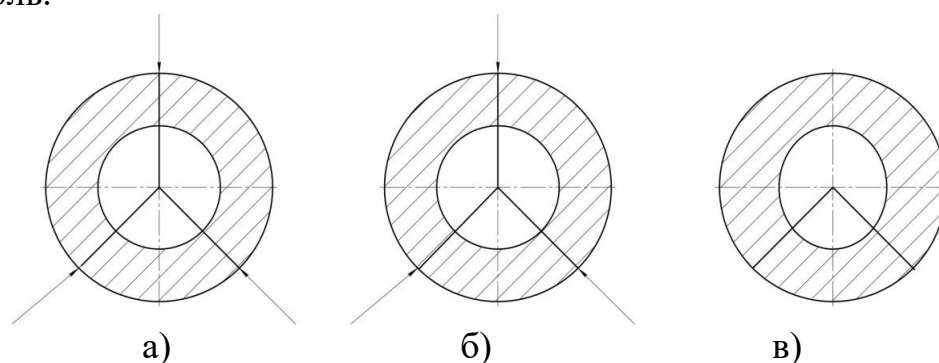


Рисунок 3.4 – Деформации нежесткой заготовки при её закреплении

При закреплении заготовки (рисунок 3.4):

а) усилия, передаваемые от кулачков патрона, деформируют её.

б) После расточки внутренней поверхности наружная поверхность остаётся деформированной.

в) При снятии такой заготовки после окончания обработки наружный контур примет первоначальную цилиндрическую форму, а внутренняя поверхность станет некруглой.

Не жёсткость технологической системы.

Рассматривая металлообрабатывающий станок, приспособление и инструмент, следует учитывать, что детали, образующие кинематическую схему обработки, имеют ряд посадок с гарантированными зазорами, и воздействие сил резания может вызвать отжатие деталей.

Упругая деформация технологической системы под действием сил резания приводит к погрешности обработки заготовок.

Под жесткостью технологической системы подразумевается способность её обеспечивать постоянство величин перемещений режущих кромок инструментов относительно установочной поверхности в процессе выполнения операции, т.е. оказывать сопротивление действию сил резания, стремящихся деформировать её. Жесткость технологической системы выражается отношением силы резания, направленной нормально к обрабатываемой поверхности, к смещению режущей кромки инструмента в направлении действия этой силы.

$$j = \frac{P_y}{y};$$

где j – жесткость технологической системы, Н/мм;

P_y – сила резания, направленная по нормали к обрабатываемой поверхности, Н;

$$P_y = C_p t^{x_p} S^{y_p}$$

где t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об;

C_p, x_p, y_p – коэффициенты, характеризующие условия обработки.

Величина, обратная жесткости, называется податливостью.

$$W = \frac{1}{j}, \text{ мм/Н или } W = \frac{1000}{j}, \text{ мкм/Н}$$

При перемещении инструмента относительно обрабатываемой поверхности перемещаются точка контакта и точка приложения составляющей силы резания P_y . Если же податливость системы переменная, то имеет место отклонения от заданной формы заготовки.

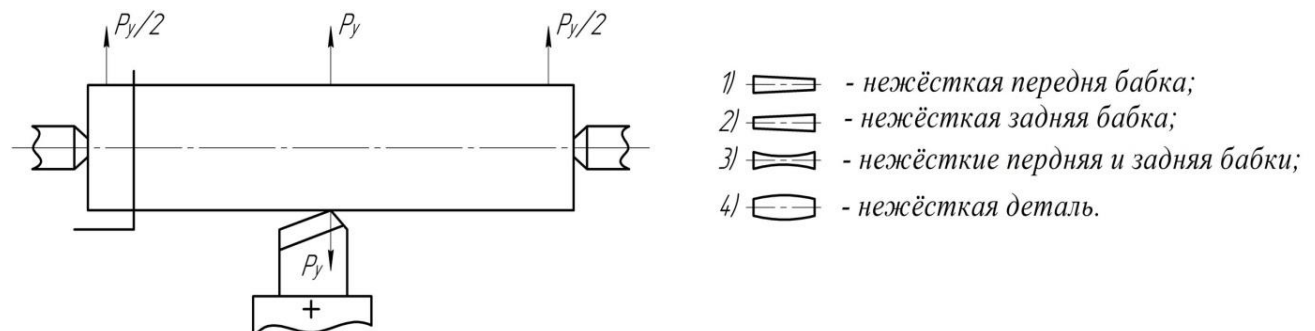


Рисунок 3.5 – Влияние жёсткости системы на точность формы детали

Влияние жесткости технологической системы на точность формы детали.

При обработке нежестких деталей применяются дополнительные опоры-люнеты. Деталь типа вала считается нежесткой, если отношение длины к диаметру более 10.

При недостаточной жесткости инструмента применяются втулки для сверл, разверток, зенкеров.

Температурные деформации.

Существенное влияние на точность обработки оказывают температурные деформации, которые возникают в обрабатываемой заготовке, режущем инструменте и станке вследствие нагрева их теплотой, выделяемой в зоне резания и возникающей в результате трения подвижных частей станка.

Так, при работе токарного станка (высота центров 300мм) в течении первого часа температура передней бабки может подняться на 16°C (передний центр станка может переместиться вперед на 0,01 мм и вверх на 0,03 мм). Эти деформации изменяют размер заготовки в поперечном сечении. Кроме того, шпиндель станка свой передний торец на 0,1 мм по направлению к задней бабке. Это смещение так же влияет на точность обработки. На поверхности резцов в зоне резания развивается температура до $700\ldots 800^{\circ}\text{C}$. Удлинение резца за счёт тепловых деформаций достигает $30\ldots 50$ мкм.

Методы борьбы с температурными деформациями:

- 1) равномерным распределением тепла по поверхности обработки (многолезцовая обработка);
- 2) снижение усилий резания и тепловыделения при отделочной обработке за счёт расчленения на черновую, получистовую и чистовую;
- 3) применением обильного охлаждения заготовки смазывающе-охлаждающей жидкостью;
- 4) повышением скорости резания, что улучшает отвод тепла стружкой.

Остаточные напряжения обрабатываемой заготовки.

Остаточные напряжения у заготовки находятся в равновесии и внешне не проявляются. Снятие с заготовки припуска, разрезка заготовки, термообработка и ряд других технологических приемов нарушают это равновесие. Происходит деформация заготовки и перераспределение остаточных напряжений, после чего снова наступает равновесие.

Остаточные напряжения особенно велики в отливках и поковках сложной конфигурации. Эти напряжения возникают в результате торможения усадки материала при остывании заготовки. Остаточные напряжения могут достичь значений, которые приводят к образованию трещин, особенно в местах перехода от тонких стенок к более толстым.

При изготовлении отливок используют различные устройства для выравнивания температуры их остывания. В промышленности применяют некоторые способы, снижающие остаточные напряжения у заготовок: естественное и искусственное старение, обстукивание заготовок и т.д.

Неточность средств и методов измерения.

В процессе обработки измеряют размеры поверхностей детали. Результат измерения не точно совпадает с действительными размерами ввиду погрешности измерения. При измерениях деталей считается допустимой погрешность в пределах $1/5\ldots 1/10$ допуска, установленного на размер.

Наличие погрешности измерения вынуждает сужать поле допуска для непосредственной обработки, так как допустимое отклонение размера по чертежу должно включать погрешность обработки и погрешность измерения.

$$\delta = \Delta_{\text{обр}} + \Delta_{\text{изм.}}$$

$$\Delta_{\text{обр}} = \delta - \Delta_{\text{изм.}}$$

где δ – поле допуска обрабатываемой детали;

$\Delta_{\text{обр}}$ – погрешность обработки;

$\Delta_{\text{изм.}}$ – погрешность измерения.

6. Погрешность обработки. Методы анализа погрешностей обработки.

На процесс обработки заготовок на станках оказывает влияние большое количество факторов. Поддерживать значение этих факторов на одном уровне в процессе обработки невозможно. Это значит, что размеры, форма и взаимное расположение поверхностей не могут быть получены с абсолютной точностью:

$$\Delta L = L_0 - L,$$

где ΔL – погрешность;

L_0 – фактическое значение;

L – требуемое значение.

Все погрешности, возникающие в процессе обработки, можно разделить на:

- 1) систематические;
- 2) случайные.

Систематическая погрешность – погрешность, которая для всех заготовок рассматриваемой партии имеет постоянное значение или изменяется по определённому закону. В 1 случае – имеем постоянную систематическую погрешность, во 2-м – переменную.

Причины систематических погрешностей:

- 1) неточность и износ станков;
- 2) неточность и износ режущего инструмента;
- 3) погрешность в результате упругих деформаций заготовки под действием сил зажима (гильза, тонкостенные трубки и пластины);
- 4) тепловые деформации элементов технологической системы;
- 5) погрешности технологической схемы обработки.

Случайная погрешность – погрешность, которая для различных заготовок рассматриваемой партии имеет разное значение, не подчиняющееся никакой закономерности.

Причины случайных погрешностей:

- 1) колебания упругих отжатий технологической системы вследствие непостоянства твёрдости и припуска, удаляемого в процессе обработки;
- 2) неточность положения заготовки из-за погрешностей установки ε ;
- 3) неточность настройки станка.

Для анализа погрешностей, возникающих в процессе обработки (анализа точности) используют 2 метода:

1) статистический метод – применяющий аппарат математической статистики. Находит применение в массовом и крупносерийном производстве, когда обрабатываются значительные партии заготовок. Позволяет, не вдаваясь в физическую суть явлений, решать задачи по анализу точности. В конечном итоге целью проведения статистического анализа точности является выявление теоретического закона, которому подчиняется распределение рассматриваемой характеристики точности и определение параметров данного распределения.

2) расчётно-аналитический метод – расчёт погрешности ведётся по эмпирическим и аналитическим формулам, находит применение на этапе проектирования технологического процесса.

При обработке партии заготовок на настроенном станке суммарная погрешность обработки определяется по формуле:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\varepsilon^2 + \Delta_y^2 + \Delta_H^2 + 3\Delta_{\text{и}}^2 + 3\Delta_t^2 + \Sigma\Delta_{\Phi}},$$

где ε – погрешность установки;

Δ_y – погрешность в результате непостоянства упругих отжатий;

Δ_H – погрешность настройки на размер;

$\Delta_{\text{и}}$ – погрешность в результате неточности и износа режущего инструмента;

Δ_t – погрешность в результате тепловых деформаций;

Δ_{Φ} – суммарная погрешность формы в результате неточности и износа станка, деформации заготовки при закреплении, погрешности схемы обработки.

При различных условиях обработки распределение размеров заготовок подчиняется различным законам. В технологии машиностроения практическое применение имеют:

- 1) закон нормального распределения (закон Гаусса);
- 2) закон равнобедренного треугольника (закон Симпсона);
- 3) закон равной вероятности (закон прямоугольника);
- 4) закон эксцентриситета (закон Релея).

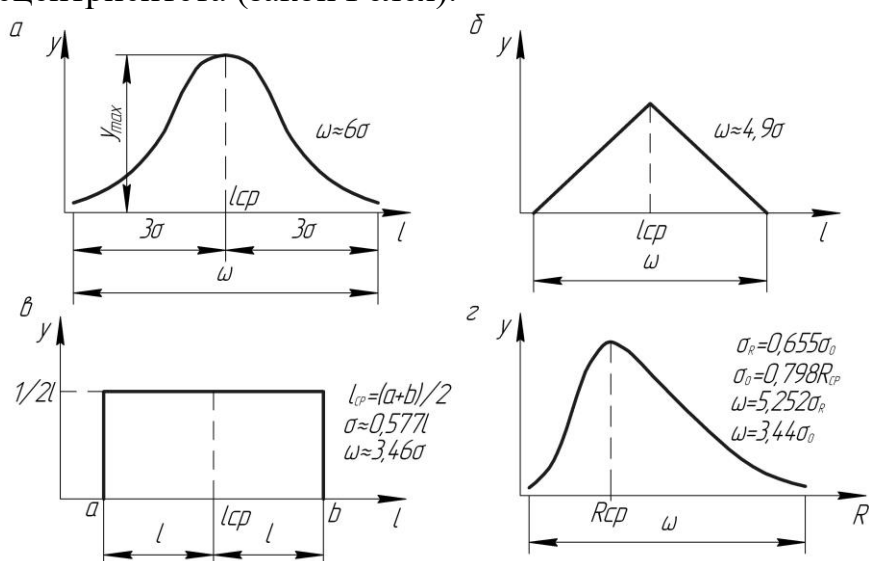


Рисунок 3.6 – Законы распределения: а – закон нормального распределения; б – закон равнобедренного треугольника; в – закон равной вероятности; г – закон эксцентриситета

7. Достижимая и экономическая точность обработки.

Повышение точности изготовления деталей способствует повышению надежности автомобилей. Однако чрезмерное повышение точности приводит к увеличению трудоемкости и стоимости изготовления.

В машиностроении различают достижимую и экономическую точность обработки.

Достижимой называют точность, которая может быть получена при обработке деталей высококвалифицированным рабочим на высокоточном оборудовании при неограниченных затратах времени и труда.

При разработке технологического процесса изготовления детали с заданной точностью необходимо при назначении оборудования и технологической оснастки руководствоваться понятием экономической точности.

Стоимость обработки и требуемая точность находятся в обратно пропорциональной зависимости. Характер этой зависимости различен для разных методов.

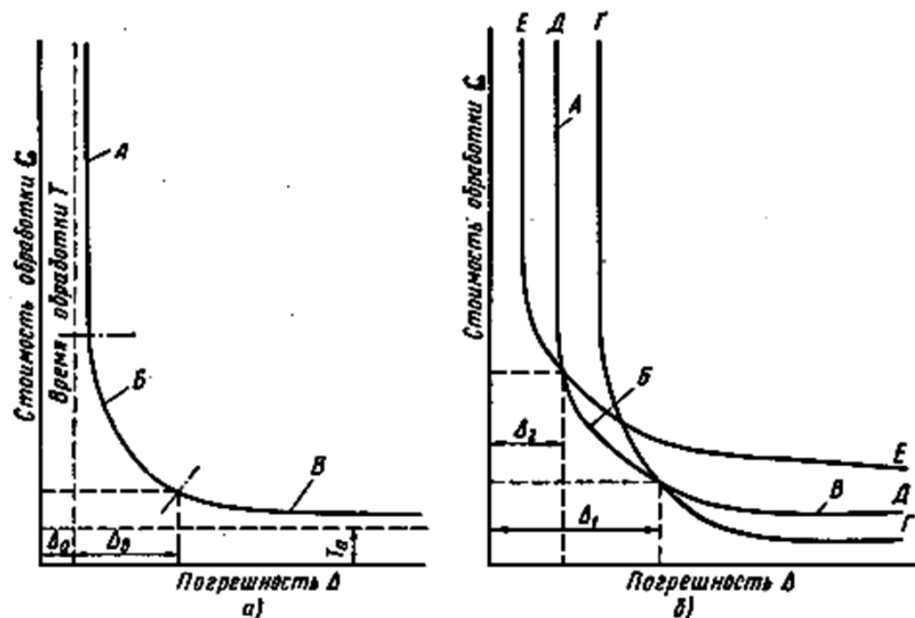


Рисунок 3.7 – Зависимость стоимости от точности обработки (а); обоснование экономического варианта технологического процесса (б): 1 – черновое точение; 2 – чистовое точение; 3 – шлифование

При любом методе обработки и невысоких требованиях к точности машинное время на обработку сокращается. Однако существует некоторое минимальное время (машинное) ниже которого оно не может быть.

Зависимость полного (калькуляционного) времени на точность обработки будет.

$$T = T_a + \frac{A}{\Delta_E^K}, \quad (T_K = T_{шт.} + \frac{T_{пз}}{n})$$

где T_a – постоянная для данного метода обработки величина, соответствующая минимальной затрате времени;

A и K – постоянные величины;

Δ_E – сумма погрешностей, зависящих от нагрузки и упругих отжатий.

На рис. Δ_a – постоянная погрешность, свойственна данному методу обработки.

Кривая стоимости может быть разбита на участки А, Б, В.

Участок А. Здесь работа не экономная, так как увеличение стоимости (времени) обработки мало влияет на точность.

Участок Б. Отражает возможность повышения точности за счёт увеличения времени на обработку. Выбор соответствующего режима работы на данном участке является технико-экономической задачей решаемой на производстве.

Участок В. Характеризует гарантированной точности данного метода.

Экономическая точность обработки на заданном уровне развития техники – это та точность, для достижения которой затраты времени и средств при применении данного способа обработки не превышают затрат при применении другого сопоставимого способа.

Для каждого метода обработки экономическая точность ниже технологически достижимой. Среднее значение экономической точности обработки разными методами приведены в справочной литературе по обработке металлов.

Тема 4: Качество поверхностей деталей.

1. Качество поверхности и её характеристики.

Качество поверхности обработанной детали предопределяется геометрическими характеристиками поверхности и физико-механическими свойствами поверхностного слоя.

К геометрическим характеристикам относятся:

- 1) погрешности геометрической формы детали (овальность, конусность, бочкообразность);
- 2) волнистость поверхности (вибрация в процессе резания);
- 3) шероховатость, обуславливаемая микронеровностями;
- 4) направление неровностей при обработке резанием.

К физико-механическим характеристикам относятся:

- 1) микротвёрдость;
- 2) остаточные напряжения;
- 3) структура.

На шероховатость поверхности влияет ряд факторов:

- 1) упругая и пластичная деформация в поверхностном слое;
- 2) режимы резания (скорость, подача);
- 3) форма и состояние режущей части инструмента;
- 4) трение инструмента по обрабатываемой поверхности;
- 5) обрабатываемый материал.

При обработке конструктивных сталей в диапазоне скоростей 20...40 м/мин происходит образование нароста металла на инструменте и шероховатость увеличивается. Минимальная шероховатость имеет место при $V > 70$ м/мин, когда скорость резания превышает скорость распространения пластичной деформации металла.

При обработке нержавеющей сталей нароста на инструменте не образуется.

У легкоплавких металлов при определенной скорости резания резко повышается температура, обрабатываемый материал размягчается, даже оплавляється и шероховатость увеличивается.

Наименьшая шероховатость имеет место в диапазоне подач от 0,01 ... 0,1 мм/об. С увеличением подачи шероховатость увеличивается.

Глубина резания практически не оказывает влияния на шероховатость.

Геометрия режущего инструмента так же влияет на шероховатость.

Важной геометрической характеристикой поверхности является направление неровностей после обработки резанием, что оказывает влияние на износ поверхностей. Поэтому для определенных условий эксплуатации необходимо выбирать оптимальную направленность неровностей.

2. Параметры шероховатости и методы их оценки.

Шероховатость поверхности представляет совокупность неровностей с относительно малыми шагами, которые формируют микрорельеф. Образуется в результате взаимодействия обрабатываемой поверхности с элементами режущего инструмента. Отношение шага к высоте неровностей не превышает 50.

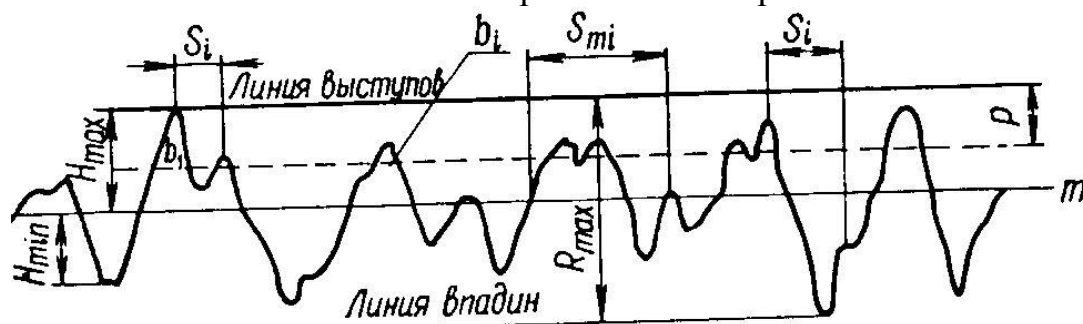


Рисунок 4.1 – Схема для определения параметров шероховатости поверхности

Количественная оценка шероховатости может производиться по следующим показателям:

R_a – среднее арифметическое отклонение профиля

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

где n – количество точек профиля на базовой длине;

y – расстояние между данной точкой профиля и средней линией.

R_z – высота неровностей профиля по десяти точкам

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |H_{i\max}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i\min}| \right),$$

где $H_{i\max}$ и $H_{i\min}$ – соответственно отклонения пяти наибольших максимумов и минимумов профиля.

$R_{\max}$ – наибольшая высота неровностей профиля – расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины;

S_m – средний шаг неровностей профиля – среднее арифметическое значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины;

S – средний шаг неровностей профиля по вершинам – среднее арифметическое значение шага неровностей профиля по вершинам в пределах базовой длины;

t_p – относительная опорная длина профиля.

Как правило, нормируется R_a или R_z .

Шероховатость поверхности можно оценивать качественно и количественно. Качественная оценка производится 2 методами: субъективного сравнения с образцами и объективной оценки при помощи приборов.

Метод субъективной оценки шероховатости основан на сопоставлении обработанной поверхности с образцами визуально (1–6 классы), с помощью лупы или сравнительного микроскопа МС-49 (7–13 классы).

Объективная качественная оценка шероховатости поверхности может производиться рефлектометрами или пневматическими приборами.

Принцип работы рефлектометра основан на регистрации гальванометром величины микротока, возникающего в фотоэлементе, на который попадает отраженный от исследуемой поверхности луч света. Чем более шероховата поверхность, тем хуже ее отражательные свойства. Сравнивая показания гальванометра при отражении света от образца и от исследуемой поверхности детали судят о степени соответствия шероховатости детали эталону.

Принцип работы пневматических приборов (рисунок 4.2) основан на измерении расхода воздуха, проходящего через калиброванное отверстие наконечника, который прижимается к исследуемой поверхности. Изменение расхода воздуха отмечается по шкале манометра прибора.

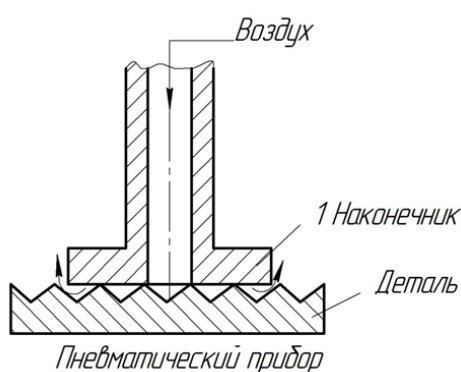


Рисунок 4.1 – Схема измерения шероховатости пневматическим прибором

Количественная оценка шероховатости поверхности заключается в измерении высоты микронеровностей и производится при помощи контактных (электрических) и бесконтактных (оптических) приборов.

Контактные электрические приборы подразделяются на профилометры и профилографы. Профилометры являются электродинамическими приборами и предназначены для определения численных значений параметров высоты микронеровностей. Профилометры применяются для оценки шероховатости с высотой микронеровностей 0,03–12 мкм.

Профилографы предназначены для изображения микропрофиля поверхности. Они предназначены для измерения шероховатости $R_z = 0,32 \dots 80$ мкм.

Для оценки шероховатости поверхности более высокого качества с параметром $R_a = 0,16 \dots 0,01$ мкм используют интерференционные микроскопы.

3. Формирование и строение поверхностного слоя.

Обработка резанием сопровождается значительными силами резания и нагревом, вызывающими пластическую деформацию тонких поверхностных слоев. Процессы, происходящие в поверхностных слоях, связаны с наклепом и разупрочнением, с повышением микротвёрдости и образованием остаточных напряжений и оказывают решающее влияние на эксплуатационные свойства деталей.

Наклеп поверхностного слоя характеризуется степенью наклепа и глубиной наклепанного слоя. Степень наклепа представляет собой отношение поверхностной твёрдости, к твердости исходного металла. Поверхностная твердость при механической обработке в результате наклепа может повышаться в 2 раза и более. Глубина наклепанного слоя в зависимости от метода обработки может изменяться от нескольких микрон до 1,0 мм и выше. Так, при точении глубина этого слоя составляет 0,1...1 мм. Склонность металла к наклепу зависит от его исходного состояния и свойств, пластичные металлы получают при обработке резанием наибольший по глубине наклеп.

При высоких температурах наряду с наклепом происходит разрушение, которое может частично или полностью снять образовавшийся наклеп за счет восстановления кристаллической решетки. Увеличение скорости резания повышает температуру резания и ускоряет процесс разрушения. Следовательно, при очень высоких скоростях резания разупрочнение в значительной степени снимает наклеп.

Степень и глубина наклепа поверхностного слоя являются критериями качественной оценки пластической деформации. Существует ряд методов для определения глубины и степени наклепа: косых срезов, химического травления и электрополирования, рентгеноскопии и др.

Метод косых срезов состоит в том, что исследуемую поверхность срезают под очень малым углом ($1...2,5^\circ$). Плоскость косого сечения позволяет значительно (в 30...50 раз) растянуть глубину наклепанного слоя. Чтобы измерить микротвёрдость косой срез доводят и травят.

Более точным является метод рентгеноструктурного анализа. На рентгенограммах искажений кристаллической решетки поверхности наклеп выявляется в виде размытого кольца.

Микротвёрдость, характеризующая наклеп, может быть определена вдавливанием алмазного наконечника (прибор ПТТ-3).

В поверхностном слое возникают остаточные напряжения, характер и распределение которого зависят от ряда факторов: скорости резания и подачи, геометрии и затупления режущего инструмента, а так же от свойств обрабатываемого материала. Установлено, что при обработке металлическим инструментом с малыми скоростями резания в поверхностном слое действуют сжимающие напряжения.

4. Физико-механические свойства поверхностного слоя.

Тонкий поверхностный слой деталей машин имеет иные механические, физические, химические свойства и напряженное состояние, чем в глубинной части металла. Глубина поверхностного слоя в зависимости от вида обработки находится в

пределах от нескольких десятитысячных до сотых и десятых долей миллиметра, оказывая большое влияние на работоспособность деталей машин.

При резании тонкие поверхностные слои детали получают свойства, отличные от первоначальных. Это происходит в результате:

– **наклёпа** – возникает вследствие нарушения в отдельных местах правильного строения кристаллической решетки около линий сдвигов при пластических деформациях (возникновения дислокаций), которые окружены полями упругих напряжений и требуют значительно больших усилий для последующих деформаций.

Наклёп приводит к упрочнению поверхности, увеличению микротвёрдости и снижению пластичности, снижению электропроводности, теплопроводности и плотности металла.

Степень и глубина упрочнения возрастают с увеличением подачи и уменьшаются с ростом скорости резания.

Поскольку температура приводит к снятию искажений кристаллической решетки, конечное состояние поверхностного слоя определяется процессами упрочнения и разупрочнения, определяемыми силовым или температурным фактором.

В процессе трения происходит механическое (внедрение) и молекулярное (притяжение, схватывание) взаимодействие поверхностей. Молекулярное взаимодействие сопутствует механическому, и степень их относительного проявления зависит от конкретных условий изнашивания. Но для снижения изнашивания деталей необходимо уменьшить взаимное внедрение трущихся поверхностей, чтобы предотвратить их схватывание.

Повышение микротвёрдости при механической обработке увеличивает износостойкость трущихся поверхностей, контактную жёсткость и выносливость, сопротивление усталости, но в большинстве случаев снижает коррозионную стойкость.

– **изменение структуры поверхностного слоя** – может возникать при действии высоких T °С вследствие вторичной закалки, или отпуска. Полученный в результате слой имеет более низкую усталостную прочность, но более высокую износостойкость.

– **остаточные напряжения** – сохраняющиеся после устранения силового воздействия из-за того, что пластически деформированные поверхностные слои препятствуют возвращению в исходное состояние расположенных глубже упругодеформированных слоев.

При увеличении подачи остаточные напряжения и глубина их залегания растут. При росте скорости – величины напряжений растут, а глубина залегания уменьшается. Уменьшение переднего угла γ приводит к уменьшению величин напряжений, но увеличивает глубину залегания.

Остаточные напряжения практически не влияют на износостойкость поверхностей, т.к. снимаются на начальном этапе изнашивания, но приводят к снижению сопротивления усталости.

5. Влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей.

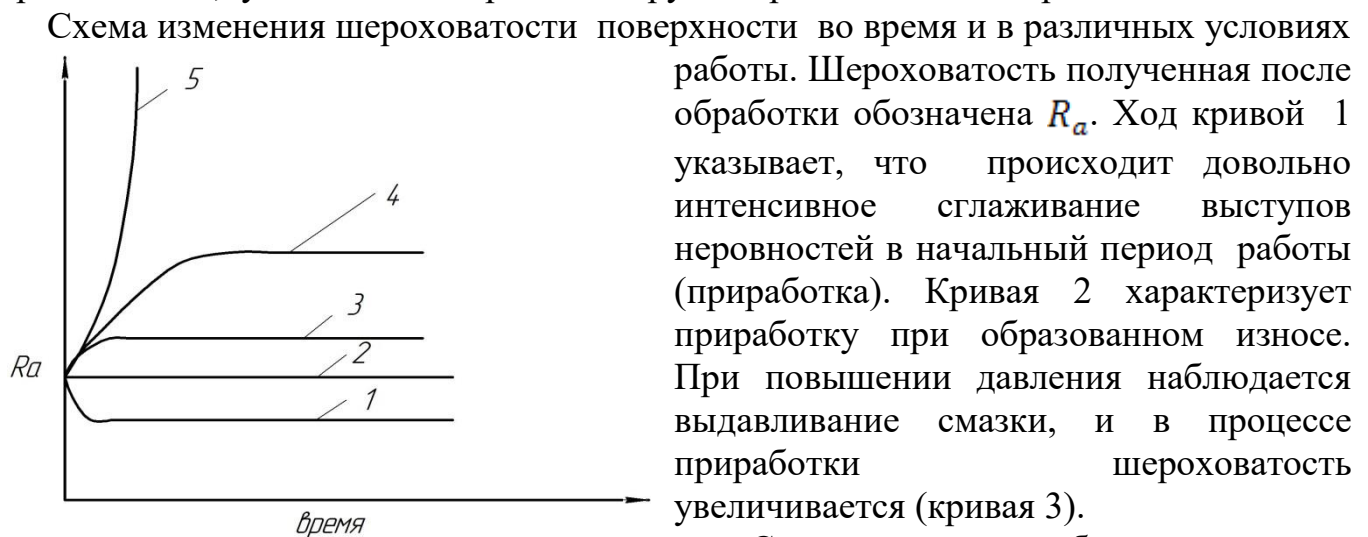
Эксплуатационные свойства деталей, находятся в прямой связи с геометрическими характеристиками поверхности и свойствами поверхностного слоя. Износ деталей в значительной степени зависит от высоты формы неровностей поверхности. Износоустойчивость детали определяется главным образом верхней частью профиля шероховатости.

В начальный период работы в местах контакта развиваются напряжения, часто превышающие напряжение предела текучести. В результате происходит упругая и пластическая деформация сжатия и сдвига вершин неровностей, приводящие к интенсивному изнашиванию в период приработки и в некоторых случаях к схватыванию трущихся поверхностей. Таким образом, в процессе приработки шероховатость поверхности после механической обработки деформируется и разрушается, образуется новая (рабочая) шероховатость, отличающаяся по форме и размерам от технологической.

Окончание приработки характеризуется наступлением постоянства скорости изнашивания, а установившееся при этом шероховатость является оптимальной в течении дальнейшего периода работы.

При изменении условий работы деталей (увеличение давления, скорости и др.) происходит дополнительная приработка.

Условия трения и изнашивания определяют характер разрушения шероховатости поверхности. Исследования показали, что износ мало зависит от шероховатости, имеется даже тенденция к увеличению износа более гладких поверхностей. По мере облегчения условий работы деталей износ все более начинает зависеть от шероховатости, увеличиваясь при более грубо обработанных поверхностях.



Создание еще более тяжелых условий работы сопряженных деталей приводит к резкому возрастанию шероховатости поверхности (кривая 4). В случае заедания и задиров происходит разрушение шероховатости и катастрофическое изнашивание (кривая 5).

Погрешность формы и волнистость поверхности так же увеличивают износ деталей. При бочкообразности сначала изнашиваются средние участки, при вогнутости — крайние участки. С увеличением высоты волны износ увеличивается.

Направление неровностей и шероховатость поверхности по-разному влияют на износ при различных видах трения. При сухом трении износ увеличивается с

увеличением шероховатости, но наибольший износ имеет место при направлении неровностей, $\perp$ направлению рабочего движения.

Необходимо выбирать такой метод обработки резанием, который дает наиболее благоприятные с позиций износа направление неровностей. Так, коленчатые валы, работающие при обильной смазке, должны иметь направление неровностей поверхности, параллельное рабочему движению (при шлифовании).

Образование в поверхностном слое детали наклепа препятствует росту имеющихся и возникновению новых усталостных трещин. Этим можно объяснить заметное повышение усталостной прочности деталей, подвергнутых дробеструйной обработке, обработке роликами и другими операциями, создающими в поверхностном слое благоприятно направленные остаточные напряжения.

Наклеп снижает пластичность трущихся поверхностей, уменьшает схватывание металлов, что способствует уменьшению износа.

Управляя процессом резания, можно получить такое сочетание остаточных напряжений, которое благоприятно отразится на усталостной прочности в процессе эксплуатации.

Тема 5: Припуски на механическую обработку.

1. Основные понятия и определения припусков на обработку

Припуском на обработку называется слой металла, последовательно удаляемый с заготовки для получения заданной точности размеров и качества поверхности готовой детали.

В ряде случаев при обработке резанием заготовок деталей до 50% их массы удаляется в стружку. На автомобильных заводах отход металла в стружку составляет в среднем 20% для литых и 30% для кованных деталей.

Внедрение обоснованных припусков на обработку резанием сокращает отходы металла в стружку и снимает трудоемкость обработки. Уменьшение припусков на обработку достигается применением методов получения точных заготовок. Недостаточные припуски также нежелательны. Они не обеспечивают при обработке резанием удаление дефектного слоя, получения необходимой точности и качества, увеличивают вероятность брака при обработке. Следовательно, установление оптимальных припусков на обработку резанием является важной технико-экономической задачей.

Оптимальным будем называть такой припуск, который обеспечивает получение высококачественной продукции с наименьшей себестоимостью.

При проектировании технологических процессов изготовления деталей определяют промежуточные и общее припуски на обработку резанием.

Промежуточным припуском называют слой металла, удаляемый при выполнении технологического перехода обработки резанием. Он равен разности размеров, полученных после предшествующего и после выполняемого переходов.

Слой металла, удаляемый при выполнении технологической операции, называют операционным припуском. Он представляет собой сумму припусков на отдельные переходы при обработке резанием поверхности на данной операции. Общим

припуском называется слой металла, удаляемый в процессе обработки резанием с рассматриваемой поверхности заготовки для получения готовой детали. Это разность размеров исходной заготовки и готовой детали.

Если обрабатываются наружные и внутренние цилиндрические поверхности вращения или одновременно противоположащие поверхности заготовки с одинаковыми припусками на каждую поверхность, то такой припуск называется симметричным. При обработке противоположащих поверхностей припуск называется ассиметричным.

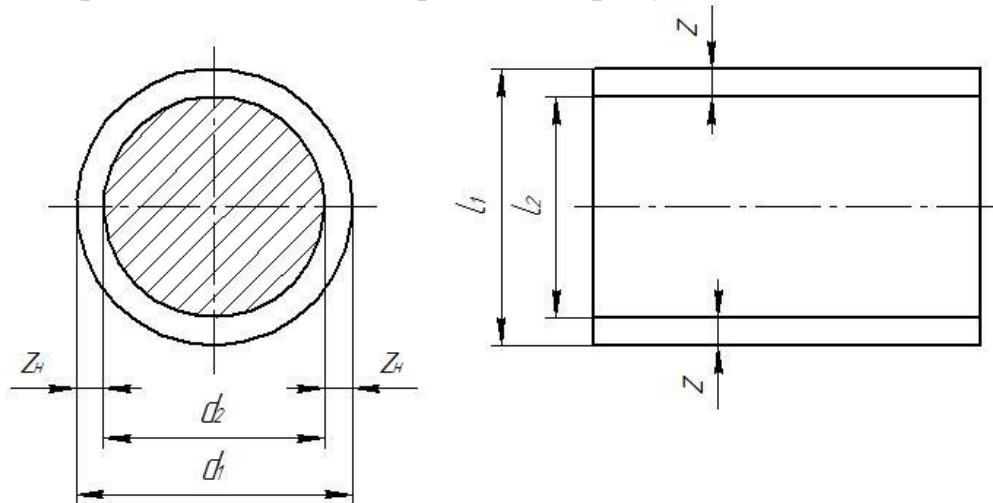


Рисунок 5.1 – Схема для определения припусков

$$z_H = (d_1 - d_2)/2 \text{ или } 2z_H = d_1 - d_2;$$

$$z = (l_1 - l_2)/2 \text{ или } 2z = l_1 - l_2.$$

Общий припуск z_0 на обработку резанием определяется суммированием промежуточных припусков для всех технологических переходов процесса от исходной заготовки до готовой детали.

$$z_0 = \sum_{i=1}^n z_i,$$

где n – число технологических переходов.

На припуск задают допуск. Весьма важным мероприятием построения технологического процесса является установление допусков на промежуточные (операционные) размеры. Малый допуск удорожает обработку резанием и может привести к браку из-за оставшегося на обработанной поверхности дефектного слоя. Большие допуски на операционные размеры усложняют наладку станка на размер, значительно изменяется глубина резания, а это приводит к большим колебаниям размеров.

2. Методы определения припусков, составляющие припусков

Припуск на обработку резанием определяется опытно-статистическим и расчетно-аналитическим методами.

Опытно-статистический метод широко используется в машиностроении. Припуск по этому устанавливается суммарно, на полную обработку резанием

поверхности заготовки с использованием опытно данных припусков на обработку аналогичных деталей (по таблицам).

Расчётно-аналитический метод основан на анализе погрешностей обработки резанием, присущих каждому способу обработки и закономерностей уменьшения производственных погрешностей предшествующей обработки.

При расчётно-аналитическом методе определения припуска основным расчётным параметром является минимальный операционный припуск Z_{imin} .

Z_{imin} – слой металла, который необходимо удалить для полного устранения погрешностей обработки и дефектов поверхностного слоя, полученных на предшествующих технологических операциях, а также погрешности установки, имеющей место на данной операции.

Величину минимального припуска определяют следующие факторы:

1) Высота неровностей (шероховатости) обрабатываемой поверхности $Rz_{(i-1)}$, полученная на предшествующей операции технологического процесса. При выполнении первой операции рассматривается шероховатость исходной заготовки.

2) Глубина дефектного поверхностного слоя $h_{(i-1)}$, полученная на предшествующем переходе механической обработки.

Для стальных поковок дефектным слоем является обезуглероженная зона, для отливок – корка, иногда с частицами формовочного песка, при обработке резанием дефектный слой – зона наклепа и перенаклепа, образующаяся на обрабатываемой поверхности в результате интенсивного силового и температурного воздействия.

3) Сумма погрешностей формы и погрешностей расположения обрабатываемой поверхности относительно поверхности, используемой в качестве технологической базы при выполнении рассматриваемого перехода обработки $\rho_{cm(i-1)}$.

4) Погрешность установки ε_i при выполнении данного перехода (операции). Данная погрешность приводит к отклонению от требуемого положения технологической базы, а следовательно и обрабатываемой поверхности заготовки.

Следует отметить, что при расчете припусков не учитывается такая составляющая погрешности установки как погрешность схемы базирования (она влияет на положение измерительной базы выдерживаемого размера относительно его измерительной базы, а не на положение обрабатываемой поверхности заготовки относительно настроенного на размер инструмента).

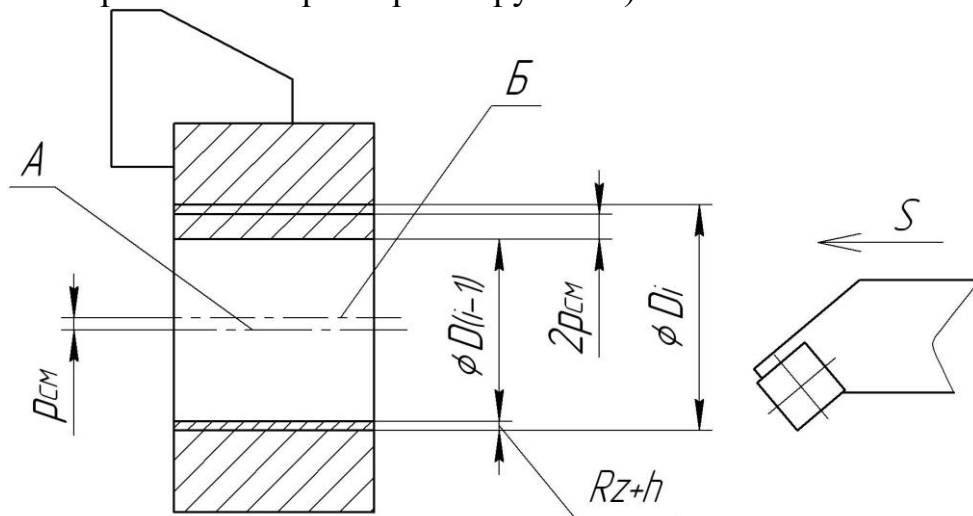


Рисунок 5.2 – Влияние погрешности ρ_{cm} на величину минимального припуска

Все вышеперечисленные составляющие минимального припуска кроме погрешности установки относятся к предыдущему переходу (или операции) обработки рассматриваемой поверхности, поэтому имеют индекс $(i-1)$.

В качестве примера рассмотрим влияние на величину минимального припуска погрешности расположения обрабатываемой поверхности относительно поверхности, используемой в качестве технологической базы. Выполняется растачивание центрального отверстия заготовки, при ее установке в самоцентрирующий патрон.

В соответствии с рисунком, при обработке отверстия из-за смещения оси отверстия в заготовке (А) относительно оси наружной цилиндрической поверхности, используемой в качестве базы (Б), возникает необходимость в удалении с обрабатываемой поверхности не только шероховатости и дефектного слоя, но и качественного металла, с целью компенсации смещения $\rho_{см}$.

Для определения величины минимального припуска используют следующие формулы:

Припуск на сторону при односторонней обработке поверхности (фрезерование, шлифование плоскостей, точение или шлифование торцевых поверхностей у деталей вращения).

$$Z_{imin} = R_{z(i-1)} + h_{(i-1)} + \varepsilon_i + \rho_{(i-1)},$$

Припуск на диаметр (двухсторонний припуск) при обработке наружных и внутренних поверхностей вращения (точение, растачивание, рассверливание, зенкерование, шлифование).

$$2Z_{imin} = 2(R_{z(i-1)} + h_{(i-1)} + \sqrt{\varepsilon_i^2 + \rho_{(i-1)}^2}),$$

В зависимости от конкретных условий выполнения операции те или иные составляющие расчетных формул могут отсутствовать:

- 1) При обработке в центрах погрешность установки отсутствует $\varepsilon_i = 0$.
- 2) Лезвийная или абразивная обработка после термической или химико-термической обработки заготовок из стали (после закалки, цементации и закалки, нитроцементации и тому подобное) $h_{(i-1)} = 0$, поскольку дефектные поверхностные слои заготовки претерпевают перекристаллизацию и становятся качественным металлом.
- 3) Обработка самоустанавливающимся инструментом (развертывание, протягивание), в этом случае смещение и увод оси обрабатываемого отверстия не устраняются $\rho_{см(i-1)} = 0$, погрешность установки также отсутствует $\varepsilon_i = 0$.
- 4) При полировании и суперфинишировании, когда в процессе обработки происходит изменение лишь шероховатости обрабатываемой поверхности, при расчете минимального припуска учитывает лишь шероховатость $Rz_{(i-1)}$.

Тема 6: Методы обработки типовых поверхностей деталей.

1. Характеристика видов обработки.

Для достижения заданных формы, взаимного расположения поверхностей и физико-механических свойств детали в современном машиностроении применяют

различные методы обработки: резание лезвийными и абразивными инструментами, поверхностное пластическое деформирование, электрофизические, электрохимические и др. методы. При обработке заготовки припуск снимается частями, на различных операциях, приближаясь к заданному размеру по чертежу. В этой связи обработка заготовки может быть нескольких видов: обдирочная, черновая, получистовая, чистовая, тонкая, отделочная.

Обдирка применяется для крупных поковок и отливок 16...18 квалитета точности. Она уменьшает погрешность формы и пространственных отклонений грубых заготовок.

Черновая обработка используется для заготовок, подвергшихся обдирке, а также штампованных заготовок 2...3 группы точности. Шероховатость поверхности $R_a = 100...25$ мкм.

Получистовая обработка назначается для заготовок, у которых при черновой обработке не снят весь припуск. Точность обработки 11...12 квалитет, $R_a = 50...12,5$ мкм.

Чистовая обработка применяется как окончательный вид обработки для тех заготовок, заданная точность которых укладывается в точность, достигаемую чистовой обработкой. Точность чистовой обработки 8...11 квалитет, шероховатость поверхности $R_a = 12,5...2,5$ мкм.

Тонкая обработка – это вид обработки, окончательно формирующий высокую точность поверхностей заготовок. Выполняется при малом припуске и малых подачах $R_a = 2,5...0,63$ мкм.

Отделочная (финишная) обработка применяется в основном для получения заданной шероховатости поверхности. На точность заготовки влияние почти не оказывает. Обеспечивает $R_a = 0,63...0,16$ мкм.

2. Обработка лезвийными инструментами.

Рассмотрим на примерах наиболее распространенных процессов чистовой и тонкой обработки.

Тонкое точение (расточивание и обтачивание) обеспечивает высокую точность при незначительной шероховатости.

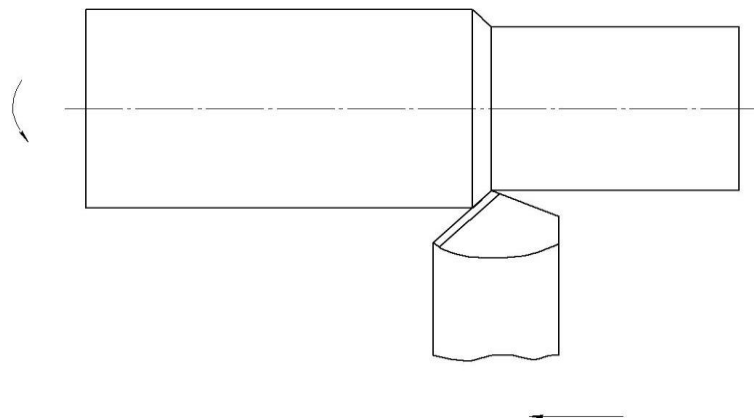


Рисунок 6.1 – Тонкое точение наружной поверхности

Сущность тонкого обтачивания или растачивания заключается в снятии стружки очень малого сечения при высоких скоростях резания. Скорость резания при тонком точении находится в пределах 100...1000 м/мин в зависимости от обрабатываемого материала. Для чугуновых заготовок – 100...150 м/мин; для стальных 150...250 м/мин, для цветных до 1000 м/мин. Подача устанавливается для окончательного прохода 0,01 мм/об. Глубина резания также незначительная – 0,05...0,01 мм.

Тонкое точение обеспечивает 6...8 квалитет точности. Шероховатость у заготовок из черных металлов $R_a = 2,5...0,63$ мкм.

Тонкое растачивание широко применяется для обработки точных отверстий под подшипники качения и скольжения, отверстия у коробок передач, задних мостов, отверстий у шатунов, цилиндров двигателей и т.д.

Тонкое точение часто применяется перед такими операциями, как хонингование, суперфиниш, полирование и осуществляется на специальных высокооборотных станках высокой точности. Резцы оснащены твердыми сплавами, алмазом, эльбором и др.

Тонкое фрезерование осуществляется преимущественно торцовыми фрезами при обработке плоских поверхностей заготовок. Торцовые фрезы используют для обработки открытых плоских поверхностей. Фрезу устанавливают с уклоном примерно 0,0001, чтобы не допустить контакта не участвующих в резании зубьев с обработанной поверхностью. При тонком фрезеровании с обрабатываемой поверхности снимается припуск 0,2...0,5 мм. Точность фрезерования достигает 0,02...0,04 мм отклонения от плоскости на 1 м длины. Шероховатость поверхности находится в пределах $R_a = 2,5...0,63$ мкм.

Тонкое развёртывание отверстий отличается от обычного развёртывания высокой точностью и малой шероховатостью обработанной поверхности, однако развёртывание не исправляет положение оси обрабатываемого отверстия. Тонкое развёртывание обеспечивает точность 5...7 квалитета, шероховатость поверхности $R_a = 1,25...0,63$ мкм.

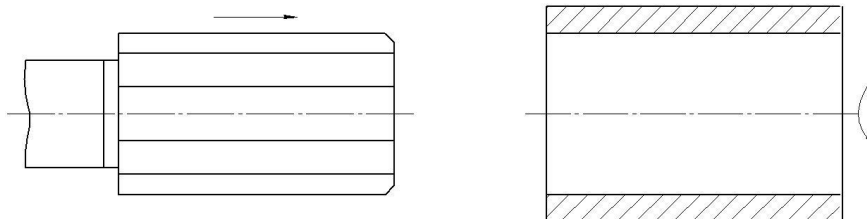


Рисунок 6.2 – Развёртывание отверстия

Этот метод сравнительно дорог и вызывает затруднения в производстве. При изготовлении развёртки для тонкого развёртывания допуск на диаметр развёртки принимают равным 0,6 допуска 5-го квалитета точности. Снятие малых припусков при тонком развёртывании требует постоянного поддержания режущей кромки развёртки.

Протягивание применяется в основном для обработки открытых цилиндрических и зубчатых поверхностей, пазов в отверстиях, а также при обработке наружных поверхностей (плоскостей, фасонных и т.д.)

Протягиваемые отверстия обычно предварительно обрабатываются растачиванием или зенкерованием. Отверстия протягиваются на горизонтально и вертикально протяжных станках.

Протягивание гладких цилиндрических отверстий обеспечивает точность 6...9 квалитета и шероховатость $R_a = 2,5 \dots 0,63$ мкм.

Протягивание является высокопроизводительным методом и имеет широкое распространение в серийном и массовом производствах. Протягивание наружных поверхностей обеспечивает точность 11 квалитета.

Прошивание – аналогичный вид обработки с протягиванием, на относительно более коротком инструментом-прошивкой, которой проталкивают через обрабатываемое отверстие в заготовке с помощью пресса. Это вид окончательной обработки отверстий любой формы, обеспечивающий 6-й квалитет точности и шероховатость $R_a = 1,25 \dots 0,63$ мкм.

3. Обработка абразивными инструментами.

Данный метод включает следующие виды обработки: шлифование, хонингование, притирка, полирование, суперфиниширование и микрофиниширование.

Для получения базовых поверхностей у заготовок, изготовленных отливкой или штамповкой применяют обдирочное шлифование со снятием припуска 1 мм и более.

Шлифование применяется в машиностроении как метод предварительной и окончательной обработки цилиндрических, плоских и фасонных поверхностей по 5–7 квалитету точности с шероховатостью $R_a = 1,25 \dots 0,08$ мкм.

Обработка осуществляется на шлифовальных станках различных типов: кругло- и плоскошлифовальных, бесцентровых, наружно- и внутришлифовальных.

Размерное шлифование может выполняться в одну операцию при снятии припуска 0,2 – 0,6 мм на диаметр или в две операции при снятии припуска 0,6 – 0,8 мм.

Виды шлифования и элементы режима резания:

Главное движение – вращение круга (м/с);

Подачи:

- окружная – вращение заготовки (м/мин);
- продольная – перемещение заготовки вдоль оси круга (мм/об);
- поперечная – перемещение заготовки на часть или все величину глубины шлифования (мм/дв.ход).

Шлифование осуществляется за один или несколько двойных ходов.

При некоторых видах шлифования используются не все виды подач (врезное – нет продольной) либо другие виды (плоское – вертикальная).

Для повышения точности обработки и качества поверхности применяют выхаживающие ходы без поперечной подачи (устраняют недосрез припуска из-за упругого восстановления поверхностного слоя детали).

Различают следующие виды шлифования: круглое наружное и внутреннее методом продольной подачи и врезное, глубинное; бесцентровое наружное и внутреннее; плоское периферией и торцем круга.

Круглое наружное шлифование с продольной подачей (рисунок 6.3, а) применяется при обработке протяжённых поверхностей. Поперечная подача $S_{\Pi} = t$ –

подача в направлении снятия припуска. Продольная подача $S_{пр}$ устанавливается на двойной или один ход обрабатываемой детали, либо круга.

Глубинное шлифование (рисунок 6.3, б) применяют при обработке жестких коротких деталей со снятием припуска (до 0,4 мм) за один проход. Продольная подача выбирается в пределах 1...6 мм за оборот детали. Чем больше диаметр обрабатываемой детали, тем большее значение $S_{пр}$ принимается. Основную работу резания выполняет коническая часть круга, а цилиндрическая только зачищает обрабатываемую поверхность.

Шлифование методом врезания чаще всего применяют при обработке кругом фасонных (рисунок 6.3, г), а также коротких жестких деталей (рисунок 6.3, в). Поперечная подача при этом принимается равной 0,002...0,005 мм/об. Иногда задается минутная подача 0,8...3 мм/мин.

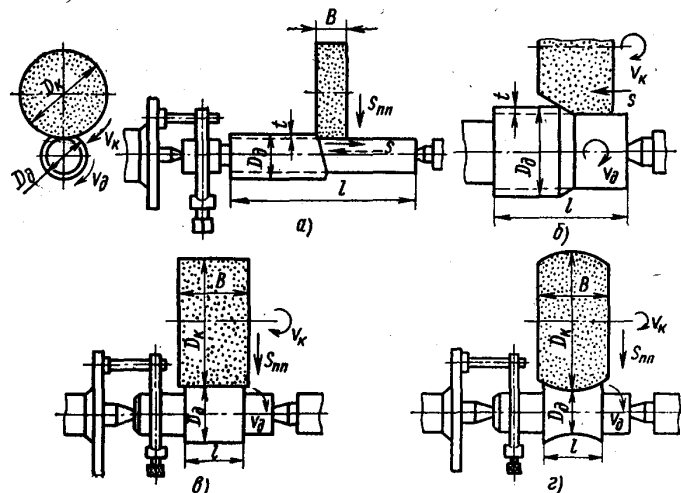


Рисунок 6.3 – Схемы наружного круглого шлифования в центрах: а – методом продольной подачи; б – глубинное; в – методом врезания (с поперечной подачей); г – фасонных поверхностей методом врезания

Внутреннее круглое шлифование может осуществляться обычным (рисунок 6.4, а) и планетарным (рисунок 6.4, б) способами. В первом случае деталь закрепляется в патроне и получает вращательное движение; круг вращается и имеет возвратно-поступательное движение S и поперечную подачу $S_{пп}$ на каждый двойной ход.

При планетарном способе внутреннего шлифования деталь неподвижна, а все движения осуществляются кругом. Метод применяется при обработке крупных и тяжелых деталей. Шлифовальный шпиндель станка имеет четыре движения:

- 1) вокруг своей оси со скоростью круга до 35 м/с;
- 2) планетарное вокруг оси обрабатыв. отверстия со скоростью 40...60 м/мин;
- 3) возвратно-поступательное вдоль оси изделия, измер. в долях ширины круга;
- 4) поперечная подача, осуществляемая после каждого двойного хода (0,008...0,02 мм за двойной ход).

Внутреннее круглое шлифование протекает в более тяжелых условиях, чем наружное, так как нагрузка на каждое зерно круга для внутреннего шлифования больше, чем для наружного, так как велика поверхность контакта круг – деталь. Диаметр шлифовального круга D_k меньше диаметра обрабатываемого отверстия D и составляет (0,75...0,25) D . Кроме того, размеры посадочного отверстия кругов для

внутреннего шлифования малы, поэтому шпиндель недостаточно жесткий. Проникновение СОЖ в зону резания плохое, что приводит к снижению теплоотвода.

Учитывая ухудшенные условия внутреннего шлифования, режимы резания (глубина и подача) принимают примерно в 2 раза меньшими, чем при наружном круглом шлифовании.

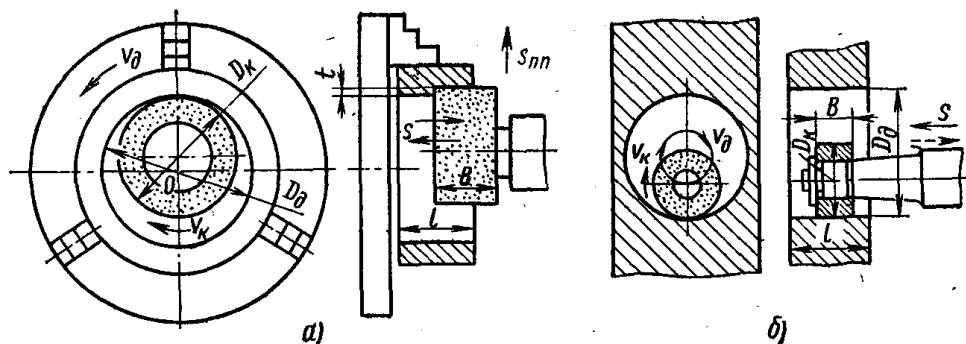


Рисунок 6.4 – Схемы внутреннего круглого шлифования: а – обычное, б – планетарное

Бесцентровое шлифование может применяться для обработки как внутренних, так и наружных поверхностей, осуществляется напроход и до упора.

При бесцентровом наружном шлифовании (рисунок 6.5) заготовка 1 помещается на опорном ноже 2 между двумя вращающимися с различными скоростями кругами 3 и 4. Рабочий круг 3 осуществляет процесс резания, а ведущий круг 4 обеспечивает вращательное и поступательное движения детали за счет разворота его оси относительно оси рабочего круга на угол $\alpha = 1...5^\circ$. Ось детали устанавливается выше осей кругов на $h = (0,1-0,3)d$, где d – диаметр детали. Вектор скорости ведущего круга раскладывается на вектор скорости вращения детали v_d и вектор скорости ее продольного перемещения v_s . Рабочий круг вращается со скоростью 30...35 м/с, ведущий – 15...30 м/мин. В результате разных скоростей вращения кругов сила трения между ведущим кругом и деталью значительно больше окружной силы резания, что обеспечивает вращательное движение детали.

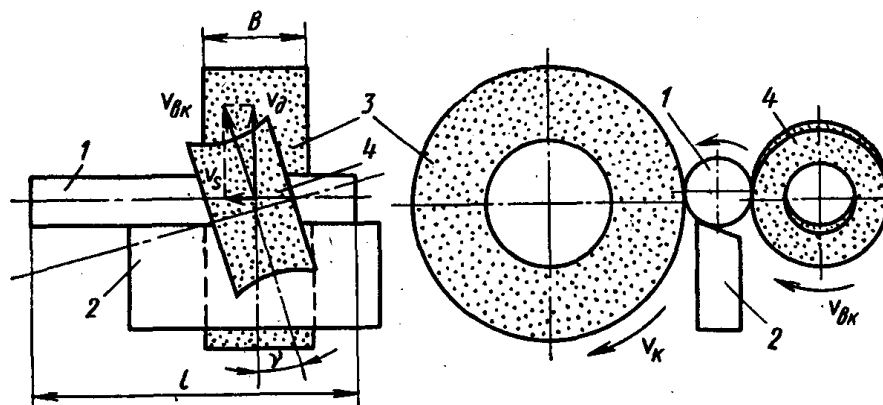


Рисунок 6.5 – Схема бесцентрового наружного шлифования: 1 – заготовка, 2 – опорный нож, 3 – рабочий круг, 4 – ведущий круг

Бесцентровое шлифование с продольной подачей применяется для обработки деталей с гладкой цилиндрической поверхностью, а шлифование с поперечной подачей – при обработке деталей с фасонной поверхностью или деталей с буртиками.

При внутреннем бесцентровом шлифовании все основные движения сохраняются такими же, как и при внутреннем обычном шлифовании. Принципиальное отличие бесцентрово-шлифовальных станков для внутреннего шлифования заключается в способе зажима изделия (рисунок 6.6). Деталь 1 устанавливается между роликами 2,3 и 4. Ролик 2 сообщает вращение детали и называется ведущим. Ролик 4 служит для прижима изделия во время шлифования и называется прижимным. Ведущий ролик вращается от специального привода и за счет трения вращает деталь, которая, в свою очередь, вращает опорный и прижимной ролики. Последний имеет ещё дополнительное периодическое движение в вертикальной плоскости для освобождения детали с целью осуществления ее загрузки и разгрузки. В осевом направлении деталь фиксируется опорной планкой или опорной втулкой, которая вращается вместе с деталью за счет прижима к ней детали. Сила прижима создается поворотом оси ведущего ролика в вертикальной плоскости на угол $30'$. При внутреннем шлифовании деталь и шлифовальный круг вращаются в одном направлении, ролик 3 фиксирует положение детали и называется опорным.

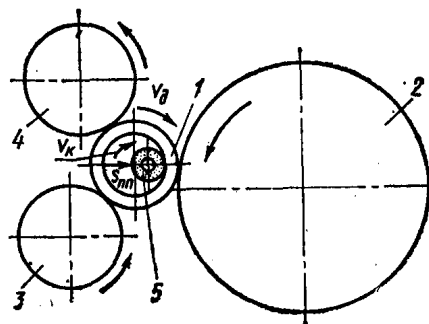


Рисунок 6.6 – Схема бесцентрового внутреннего шлифования: 1 – заготовка, 2 – ведущий ролик, 3 – опорный ролик, 4 – прижимной ролик, 5 – шлифовальный круг

Плоское шлифование осуществляется двумя методами: периферией круга (рисунок 6.7, а) и торцом круга (рисунок 6.7, б)

При плоском шлифовании периферией круга шлифовальный круг вращается вокруг своей оси, совершая главное движение резания. В процессе резания заготовке сообщается возвратно-поступательное движение подачи. В промежутках между возвратно-поступательным движением заготовке сообщается прерывистое движение поперечной подачи $S_{пп}$. После обработки плоскости шлифовальному кругу сообщается движение вертикальной подачи S_v . Обработка всей плоскости повторяется до тех пор, пока значение вертикальной подачи не будет равно припуску на обработку данной поверхности.

При шлифовании торцом круга поверхность контакта значительно больше, чем при шлифовании его периферией, и сопровождается большим тепловыделением в зоне резания. Следовательно, шлифование торцом круга применимо для обработки массивных жестких деталей. Для лучшего использования режущей способности круга ось шпинделя круга устанавливают под некоторым углом ($\approx 30'$).

При плоском шлифовании торцом круга абразивные зерна более продолжительное время находятся в работе и быстрее тупятся, поэтому для плоского шлифования обычно выбирают более мягкие круги, чем для круглого.

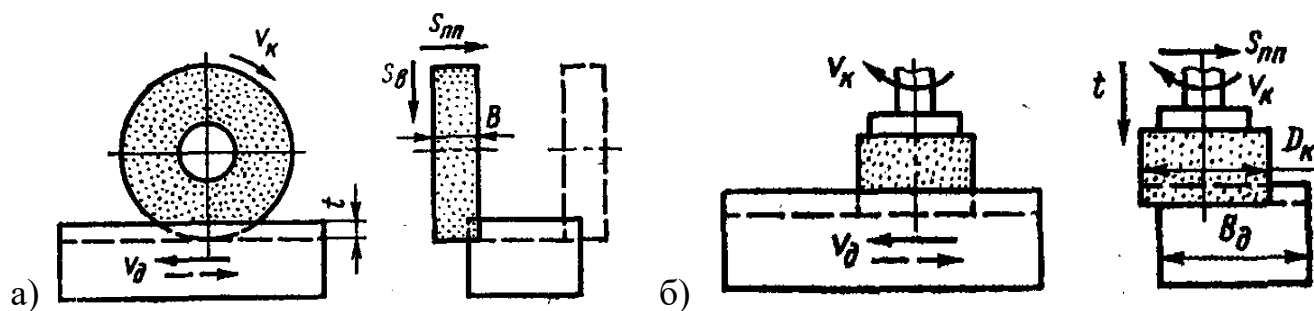


Рисунок 6.7 – Схемы плоского шлифования на станке с прямоугольным столом: а – периферией круга, б – торцом круга

Хонингование – это процесс чистовой обработке отверстий абразивными брусками.

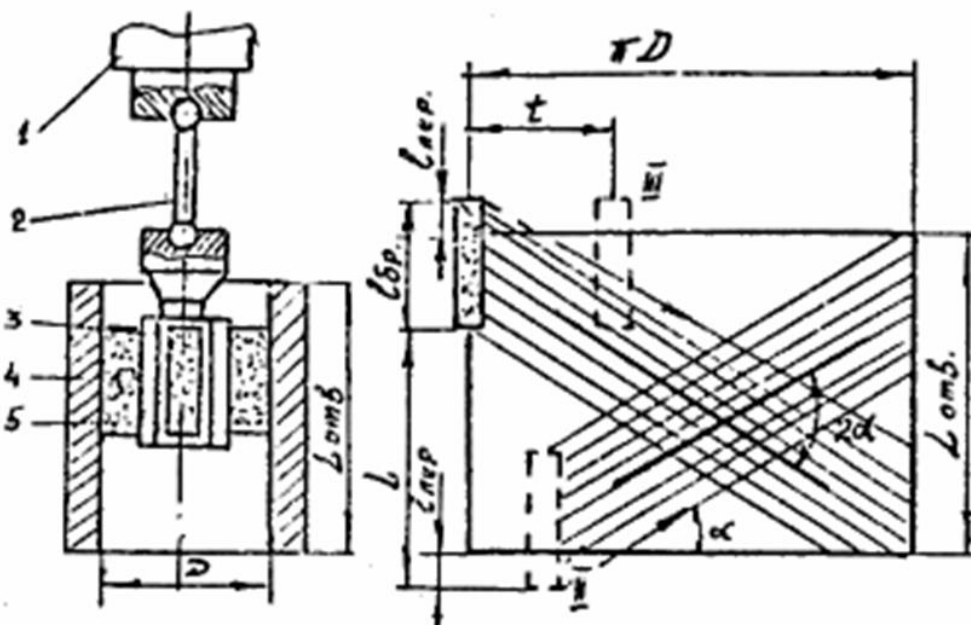


Рисунок 6.8 – Схема процесса хонингования: 1 – шпиндель станка; 2 – шарнирное устройство; 3 – хонинговальная головка; 4 – гильза; 5 – хонинговальные бруски; α – угол подъема следов абразивных зерен; II, III – крайние положения бруска за один двойной ход

Обеспечивает получение высокой точности формы отверстия, незначительной шероховатости и малого деформированного слоя обрабатываемой поверхности. Однако хонингование не исправляет положения оси отверстия, в связи с чем этому процессу должна предшествовать обработка, обеспечивающая точность расположения оси. Процесс хонингования осуществляется с помощью специальной головки (хона) с равномерно раздвигающимися в радиальном направлении абразивными брусками. Брусков может быть 3, 6, 9, 12 и даже 1. Головка вместе с брусками имеет возвратно-поступательное и вращательные движения, в результате чего на обрабатываемой поверхности образуется сетка мелких следов абразивных зёрен, которая способствует удержанию смазки при образовании пар трения в механизмах машин.

Хонингованием обрабатывают цилиндры автомобильных двигателей, отверстия в блоках цилиндров под вкладыши коренных подшипников коленчатых валов, цилиндры компрессоров и др. Обработке подвергаются сквозные и глухие отверстия.

При обработке глухих отверстий предусматривают канавку для выхода хонингованных брусков.

Отверстия хонингуют диаметром от 6 до 500 мм при длине 1м и более. При обработке отверстий небольших диаметров хонингование эффективнее шлифования. Бруски хона имеют значительно большее количество абразивных зёрен (до 400 раз), одновременно участвующих в процессе резания, хотя окружная скорость хона ниже, чем шлифовального круга. Хонингование осуществляется при малых давлениях брусков на обрабатываемую поверхность – 0,2...1,5 МПа и низкой температурой в зоне резания (50...150 °С).

Длину брусков рекомендуется принимать в пределах 0,5...0,75 длины обрабатываемого отверстия. При хонинговании точных отверстий, длина которых меньше диаметра (кольца, втулки) длину абразивных брусков принимают 1,0...1,2 длины отверстия.

Процесс осуществляется на специальных одношпиндельных и многошпиндельных станках, вертикальных и горизонтальных. В условиях крупносерийного и массового производства станки работают по автоматическому циклу. Контроль размерной точности производят с помощью устройств активного контроля.

Припуск на хонинговании устанавливают в зависимости от исходной погрешности обработки, физико-механических свойств материала заготовки. В связи с тем, что предшествующая хонингованию обработка может выполняться развёртыванием, шлифованием и др., погрешности предшествующей обработки будут различны и расчётный припуск на хонингование также будет иметь различную величину (0,08...0,005 мм на диаметр).

Если снимаемый припуск превышает 0,04 мм на диаметр, и требуется обеспечить $R_a=0,32$ мкм, то рекомендуется обработку вести в две операции (предварительную и окончательную).

При назначении режима резания окружную скорость хона устанавливают: для чугуна 60...75 м/мин, стали – 45...60 м/мин. Скорость возвратно-поступательного движения – 10...20 м/мин.

Точность обработки хонингованием 4...6 квалитет, $R_a = 0,16...0,04$ мкм. Хонингование выполняют при обильной подаче в зону обработки охлаждающей жидкости (керосин, смесь керосина с парафином).

В промышленности широко распространено хонингование алмазными и эльборовыми брусками. Внедрение алмазного хонингования повышает производительность процесса, точность и качество обрабатываемых поверхностей.

Притирка является одним из самых точных методов обработки – по 5-му квалитету и выше. При обработке цилиндрических поверхностей можно получить точность по диаметру до 1 мкм, $R_a = 0,1$ мкм.

Притирка осуществляется свободными абразивными зёрнами, которые в смеси со связующей жидкостью наносят на рабочую поверхность притира. Связующая жидкость – машинное масло, керосин, вазелин. Материалом для притиров является серый чугун, бронза, красная медь, дерево. В связи с тем, что притирка выполняется со снятием незначительных припусков, поверхность заготовки должна быть предварительно обработана по 6-му квалитету точности и шероховатостью не грубее $R_a = 1,25...0,32$ мкм.

Предварительная обработка выполняется более крупным абразивным зерном, окончательная – более мелким, что обеспечивает качество и точность поверхности.

Операции притирки могут выполняться вручную и на станках в зависимости от типа производства. Давление инструмента на обрабатываемую поверхность устанавливают: при предварительной притирке 0,2...0,4 МПа, при окончательной – 0,1...0,13 МПа.

Притирка имеет следующие разновидности процесса:

1) Притирка твёрдыми абразивными зёрнами (электрокорунд, карбид кремния, карбид бора, алмазная пыль, стеклянная пыль). Материал притира должен быть мягче материала обрабатываемой заготовки. Абразивные зёрна, попадая между поверхностями притира и заготовки, шаржируются в притир и, будучи в нём закреплёнными, снимают тончайшие стружки с обрабатываемой поверхности. Затупившиеся зёрна вываливаются из притира, в работу вступают другие зёрна.

2) Притирка мягкими абразивными зёрнами (известь, окись хрома, и другие) осуществляется за счёт и стирания обрабатываемой поверхности этими зёрнами. В этом случае притиры изготовляют твёрже материала обрабатываемой заготовки (стекло, закал. стали).

3) Притирка с помощью химически активных паст ГОИ в значительной степени интенсифицирует процесс притирки. Поскольку в состав пасты ГОИ наряду с мягкими абразивными зёрнами входят кислоты (стеариновая и олеиновая), которые размягчают вершины гребешков микронеровностей на обрабатываемой поверхности, то снятие припуска происходит за счёт истирания размягчённого слоя, а основной металл не подвергается царапанию. Этот вид притирки обеспечивает высокую точность, малую шероховатость.

Суперфиниширование является процессом абразивной обработки заготовок деталей, осуществляемым с помощью абразивных брусков.

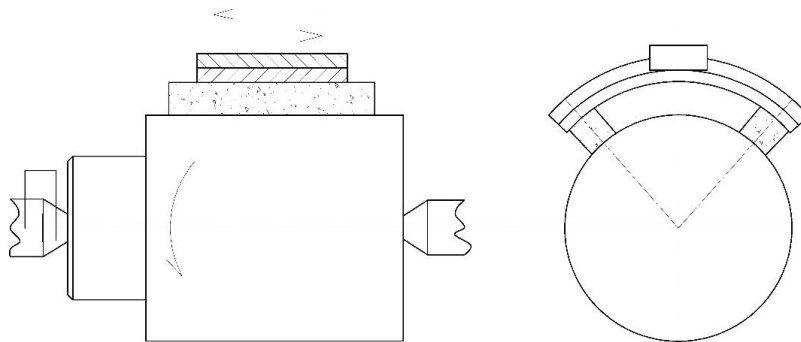


Рисунок 6.9 – Схема процесса суперфиниширования

Бруски прижимаются к обрабатываемой поверхности с давлением 0,05...0,3 МПа, и, совершая осциллирующие движения, срезают гребешки микронеровностей, снижая шероховатость обрабатываемой поверхности. Применяют смазочно-охлаждающую жидкость – смесь керосина с 10...20% веретенного или турбинного масла.

Для операции суперфиниширования припуск на обработку не задаётся, и она выполняется в пределах допуска на размер предшествующей обработки. Поэтому процесс не оказывает влияния на точность обрабатываемой поверхности и применяется на заключительном этапе обработки.

За счёт правильного подбора абразивных брусков и режима обработки обеспечивается шероховатость $Ra=0,2...0,025$ мкм, окончательной размерной обработки заготовки (шлифования, тонкого точения и др.). Суперфинишированию подвергают детали различной конфигурации и различных материалов, включая пластмассы.

Скорость колебательного движения принимается в пределах 5...7 м/мин. Если длина брусков меньше длины обрабатываемой поверхности до необходимо дополнительное перемещение заготовки со скоростью 1...1,5 м/мин.

Получило широкое внедрение алмазное суперфиниширование. Производительность возрастает в 1,5...2 раза.

Микрофиниширование применяется для окончательной обработки высокоточных поверхностей заготовок.

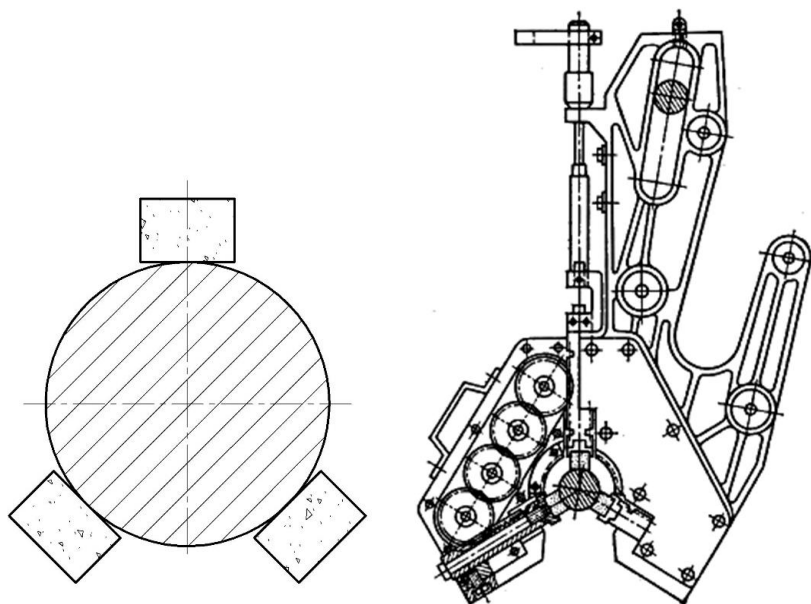


Рисунок 6.10 – Схема процесса микрофиниширования и головка для обработки

Снятие припуска происходит осциллирующими брусками по схеме, подобной суперфинишированию. Однако микрофиниширование является прецизионным процессом, так как наряду с шероховатостью поверхности он обеспечивает и высокую точность обработки за счёт снятия припуска. Головка для микрофиниширования цилиндрической поверхности обеспечивает силовое замыкание трёх брусков, охватывающих заготовку, и доводит обработку поверхности до микронной точности. Верхняя державка с бруском имеет принудительное радиальное перемещение от гидропривода, а две другие державки с брусками – синхронное перемещение с верхней державкой через шестерённо-реечный механизм.

Высокая точность и качество обработки микрофиниширования позволяют упразднить селективную сборку, заменив её сборкой с полной взаимозаменяемостью. Микрофиниширование можно обрабатывать всевозможные поверхности заготовок: цилиндрические, плоские, фасонные и другие. Имеются специальные станки и агрегатные с высокой степенью автоматизации. Микрофиниширование эффективно используют некоторые автостроительные заводы для обработки шеек коленчатых валов.

Полирование является процессом, который выполняется с помощью свободных абразивных зёрен и направлен на достижение заданной шероховатости обрабатываемой поверхности. Обработку производят мягкими полировальными кругами из войлока, фетра, ремня и других материалов.

На рабочую поверхность круга наносится полировальная паста или подаётся струя абразивной жидкости, которые будучи введёнными во взаимодействие с обрабатываемой поверхностью, снимаю с неё определённый припуск. Наличие мягкого круга не обеспечивает равномерного снятия припуска, следовательно, этот процесс не может улучшить геометрическую точность. Заданную шероховатость получают за счёт использования порошков различной зернистости.

Полированием достигают шероховатости поверхности $Ra=0,032...0,012$ мкм, а при использовании химически активных паст получают зеркальную поверхность. Абразивными материалами при полировании служат электрокорунд, окись железа, окись хрома, карбид кремния и другие. Выбор абразивного порошка происходит в зависимости от обрабатываемого материала. В состав абразивной пасты для полирования чёрных металлов в %: воск – 25; сало – 4; парафин – 25; керосин – 4; окись железа – 42.

Полирование выполняется на станках с ручным и механическим удержанием и подачей заготовки и на станках-автоматах.

Обработка абразивными лентами применяется в качестве завершающей операции при обработке различных поверхностей. Существует значительное количество конструкций станков-автоматов для различных операций, выполняемых с помощью абразивной ленты. В основном этот процесс относится к полированию, так как абразивная лента прижимается к обрабатываемой поверхности либо за счёт собственного натяжения, либо с помощью резиновых, кожаных или войлочных роликов, что не гарантирует снятия определённого размера припуска.

Подбор зернистости абразива на ленте производится в соответствии с требованиями к обработке. Чёрные металлы обрабатывают абразивной лентой со скоростью 20...40 м/с, цветные – 40...45 м/с.

Абразивная лента изготавливается на полотняной или бумажной основе. Для обработки ответственных деталей применяют алмазную ленту.

4. Обработка поверхностным пластическим деформированием.

Такая обработка осуществляется без снятия стружки с заготовки. Основными наиболее распространёнными процессами пластического деформирования являются калибрование, обкатывание и раскатывание, алмазное выглаживание, наклёпывание инструментами центробежно-ударного действия.

Калибрование обрабатывают преимущественно отверстия различной формы: у заготовок с помощью калибрующих оправок (дорнов) или шариков, которые проталкивают на прессах через обрабатываемое отверстие с установленным натягом.

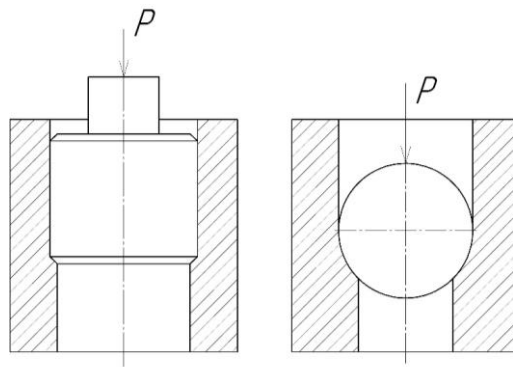


Рисунок 6.11 – Калибрование с использованием ролика и шарика

При большой длине отверстия обработку поверхностно-пластическим деформированием можно выполнять с помощью калибрующих протяжек на протяжных станках. Основным параметром оценки процесса является натяг. При малом натяге зона пластической деформации распространяется на малую глубину, снижается шероховатость обработанной поверхности, уменьшается погрешность формы. Такое калибрование целесообразно вести при обработке толстостенных заготовок у которых отношение толщины стенки к радиусу калибруемого отверстия больше 0,5.

При калибровании с большими натягами зона пластической деформации может распространяться на всю толщину стенки заготовки. С таким натягом калибруют гладкие цилиндры и втулки, у которых отношение толщины стенки к радиусу калибруемого отверстия не больше 0,2.

Натяг задаётся в зависимости от диаметра у обрабатываемого отверстия и физико-механических свойств заготовки. Примерные величины натяга при диаметре обработки 10...120 мм: 0,03...0,88 мм – для стальных заготовок; 0,05...0,2 мм – для чугунных; 0,03...0,35 мм – для цветного металла.

Калибрующие инструменты изготавливают из твёрдых сплавов ВК8 или ВК15М.

Калибрование заготовок из стали и цветных материалов выполняются при обильном охлаждении (керосин, сульфолудол и др.) при скоростях 5...10 м/мин для стальных заготовок и 2...6 м/мин для заготовок из цветных материалов.

Тонкостенные заготовки могут быть обработаны по 8...6 качеству точности, толстостенные – 6...5 качеству. При увеличении натяга точность снижается.

Шероховатость изменяется в пределах $Ra=1,25...0,16$ мкм. Всё зависит от материала обрабатываемой заготовки, физико-механических свойств калибрующего инструмента, смазочно-охлаждающей жидкости и скорости относительного перемещения.

Обкатывание и раскатывание представляет собой процесс пластического деформирования микронеровностей на обрабатываемой поверхности заготовки с помощью специальных инструментов (обкатников, раскатников), у которых рабочими элементами являются ролики или шарики высокой твёрдости. В результате пластического деформирования снижается шероховатость поверхности, и изменяются её физико-механические свойства: увеличивается микротвёрдость и возникают остаточные напряжения сжатия, т.е. происходит наклёп (упрочнение) поверхностных слоёв металла. Этот вид обработки значительно повышает качество обрабатываемой поверхности. Точность обработки может повыситься на 5...10%. Практически установлено, что этот процесс можно эффективно использовать для тех

поверхностей, которые предварительно были обработаны по 6...10 качеству точности.

При раскатывании и обкатывании можно получить шероховатость поверхности $R_a = 1,25...0,35$ мкм. Скорость принимается в пределах 30...150 м/мин. Натяг инструмента принимается 0,03...0,3 мм в зависимости от исходной и требуемой шероховатости поверхности. Смазочно-охлаждающая жидкость: машинное масло, смесь машинного масла и керосина, сульфофрезол.

Обкатывание и раскатывание желательно выполнить за один переход инструмента, чтобы избежать перенаклёпа. Этот процесс выполняется на универсальных и специальных станках.

Алмазное выглаживание сопровождается смятием гребешков микронеровностей и появлением наклёпа на обрабатываемой поверхности вследствие скольжения по ней алмазного инструмента под определённым давлением.

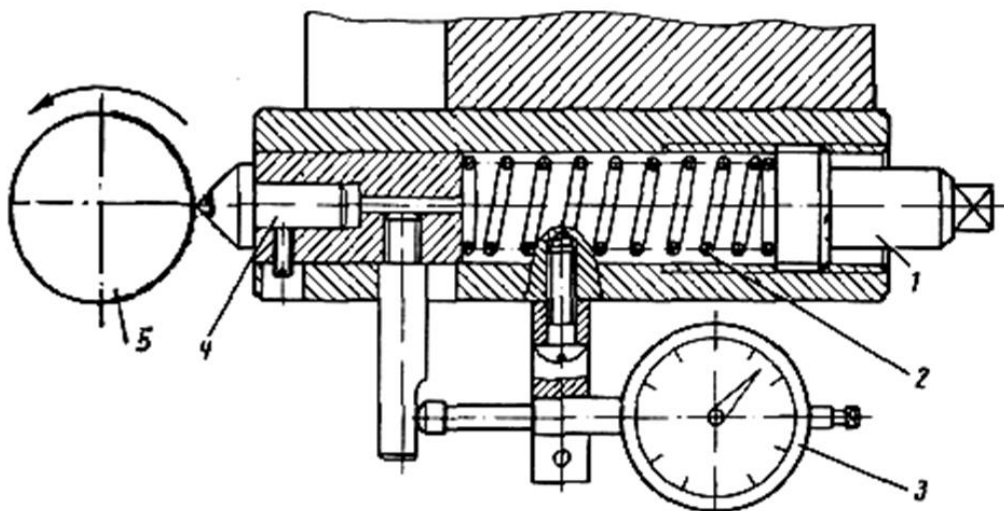


Рисунок 6.12 – Схема процесса алмазного выглаживания: 1 – регулировочный винт; 2 – пружина; 3 – индикаторная головка; 4 – наконечник с алмазом; 5 – заготовка

Поверхности, обработанные алмазным выглаживанием, обладают высокой усталостной прочностью. Алмазный инструмент представляет собой кристаллический алмаз 2, закреплённый в специальной державке 3 и отшлифованный по сфере с радиусом 0,6...4,0 мм. Наличие у державки пружинящих устройств обеспечивает постоянство усилий нагружения при выглаживании поверхности в основном влияют усилие выглаживания и подача. Микротвёрдость поверхности повышается на 50...60% $R_a = 0,16...0,025$ мкм.

Скорость алмазного выглаживания принимается в зависимости от материала обрабатываемой заготовки. Для цветных сплавов и мягких сталей – 10...80 м/мин, для закалённых сталей – 2000...250 м/мин. Алмазным выглаживанием обрабатывают заготовки из чёрных и цветных металлов, предварительно обработанных шлифованием, тонким точением и др. на универсальных и специальных станках.

Наклёпывание инструментами центробежно-ударного действия. Сущность процесса заключается в том, что шарики или ролики, помещённые в радиальные пазы быстро вращающегося диска наносят многочисленные по обрабатываемой поверхности и деформируют её на определённую глубину.

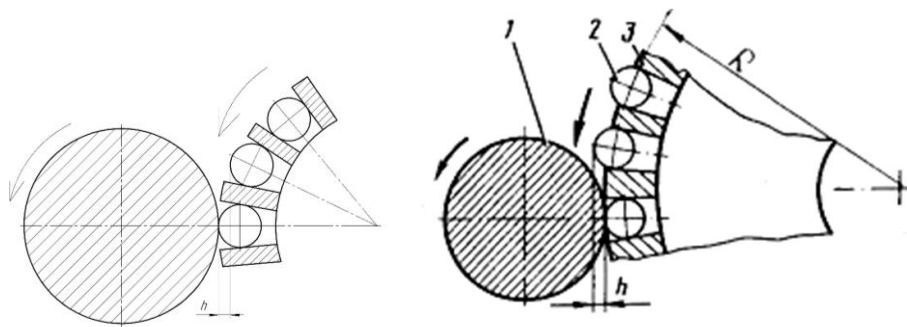


Рисунок 6.13 – Центробежная обработка шариками: 1 – обрабатываемое изделие; 2 – шарики; 3 – сепаратор

Шарики могут смещаться в радиальном направлении и после нанесения удара отскакивают от поверхности заготовки. Существенную роль имеет натяг h эффективность наклёпа возрастает, но при этом увеличивается шероховатость. Твёрдость повышается на 30...80% с образованием на поверхности напряжений сжатия.

Этим способом можно обрабатывать поверхности вращения, плоские и фасонные поверхности из чёрных и цветных сплавов.

Перед наклёпыванием предварительная обработка: шлифование, чистовое точение и др. Окружная скорость сепаратора (диска) составляет 8...40 м/с, заготовки 0,5...1,5 м/с. Натяг инструмента принимается в пределах 0,01...0,25 мм, подача инструмента 0,02...0,2 мм/об. В качестве смазочно-охлаждающей жидкости – смесь керосина и машинного масла.

5. Электрофизическая и электрохимическая обработка.

В машиностроении находят применение электромеханическая, электрохимическая, ультразвуковая, обработка дуговой плазменной струей, термическая и термохимическая.

В автомобилестроении наибольшее распространение получили: электроискровая, электроимпульсная, анодно-механическая, ультразвуковая и светолучевая (лазерная) обработка.

Электроискровая обработка металлов основана на разрушении их действием импульсного электрического разряда, возникающего при прохождении электрического тока. Разрушение и удаление металла происходит в результате концентрированного тепловыделения, плавящего и испаряющего металл и сопровождающегося значительным механическим ударным воздействием в результате разложения жидкой среды в зоне обработки.

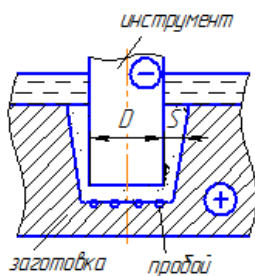


Рисунок 6.14 – Схема электроискровой обработки

Электроды при обработке разделены межэлектродным промежутком (5...100 мкм), необходимым для возникновения разряда. Процесс осуществляется в жидкой среде – керосине, маловязком минеральном масле. Обрабатываемую заготовку подключают к положительному, а электрод-инструмент к отрицательному полюсу генератора импульсов. Электрод-инструмент может двигаться поступательно и вращательно. При искровом разряде термическое воздействие (при стальном аноде до температуры 2450°C) ограничивается микроучастками площадью 0,05...1,0 мм² с глубиной поражения 0,005...0,3 мм. При этих условиях исключается общее прогревание заготовки.

Точность обработки 7...5 квалитет при съеме припуска в несколько операций.

Предварительная обработка ведется на грубых электрических режимах (высокая энергия импульса, малая частота), окончательная – на мягких режимах, что повышает точность и качество поверхности. Достижимая шероховатость – $Ra=1,25...0,63$ мкм. На поверхности анода происходят глубокие структурные и химические превращения. Образующая ударная волна распространяется от центра взрыва в толщину металла, деформируя кристаллы, в результате чего образуется упрочненный поверхностный слой.

Электрод-инструменты можно изготавливать из Al, графита, медно-графитовых сплавов. Большое распространение имеют электроды – медь 85%; графит – 2,5%; Al – 2,5%; цемент – 10%. Такую шихту разводят водой, а затем прессуют и сушат при $t = 50...80^{\circ}\text{C}$. Применяются станки для электроискровой обработки.

Электроимпульсная обработка отличается от электроискровой большими длительностью и мощностью импульсного разряда. Увеличение мощности разряда позволяет повысить производительность процесса. Этим методом можно обрабатывать сложные фасонные поверхности заготовок с точностью 0,03...0,05 мм и отверстия с точностью 0,01...0,02 мм. При мягком режиме $Ra = 5,0...1,25$ мкм.

Метод широко применяется в автотракторной промышленности при изготовлении и ремонте пресс-форм для литья под давлением, штампов горячей штамповки.

Анодно-механическая обработка металлов осуществляется тепловым и химическим воздействием электрического тока между электродами, погруженными в жидкую рабочую среду 3. Заготовка 1 соединяется с положительным полюсом (анод), а инструмент 4 – с отрицательным (катод).

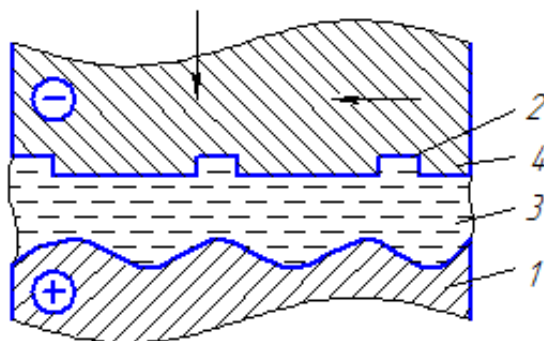


Рисунок 6.15 – Схема анодно-механической обработки: 1 – инструмент (катод); 2 – пазы, способствующие удалению продуктов эрозии из зоны обработки; 3 – рабочая среда; 4 – заготовка

На рабочей поверхности имеются пазы 2, способствующие удалению продуктов эрозии из зоны обработки.

Под воздействием электрического тока и рабочей среды на поверхности анода образуется пленка, электрическое сопротивление которой значительно выше сопротивления слоя рабочей жидкости.

Эта пленка препятствует непосредственному контакту инструмента с заготовкой. При относительном перемещении инструмента под определенным давлением он соприкасается с наиболее высокими выступами микронеровностей поверхности заготовки, где и происходит постепенное истирание анодной пленки. Последняя утоняется, электрическое сопротивление в местах истирания падает, и весь ток проходит через эти утоненные участки. При значительной плотности тока в местах его прохождения выделяется тепло, оплавливающие микровыступы поверхности заготовки. Оплавление происходит мгновенно, что исключает нагрев заготовки. После оплавления на поверхности остаются лунки, которые заполняются рабочей жидкостью и снова образуется анодная пленка. В это время инструмент сближается с другими выступами микронеровностей, которые также оплавляются.

Анодно-механическую обработку применяют для черновых операций со снятием значительных припусков, а также для доводочных операций. В качестве рабочей жидкости применяется жидкое стекло, разбавленные водой до плотности 1360...1380 кг/м³. Материал инструмента (катода) влияет на скорость съема металла и шероховатость поверхности. Инструменты изготавливают из красной меди, чугуна, стали, алюминия. Наиболее эффективны из красной меди: их износ составляет 20...30% от объема снятого сплава ВК8.

Напряжение генератора составляет 14...28В. При напряжении ниже 12В анодная пленка не образуется. При напряжении выше 30В, в зоне обработки одновременно оплавляется множество гребешков, которые заполняют межэлектродный промежуток и может произойти замыкание.

Давление инструмента 0,05...0,15 МПа, окружная скорость диска 8...18 м/с.

Анодно-механическим методом обрабатывают материалы: твердые сплавы, жаропрочные и нержавеющей стали, высоколегированные стали и др. Метод применяется для отрезки, заточки инструмента, шлифования.

Ультразвуковая обработка представляет собой механический процесс, в котором режущим инструментом служат взвешенные в жидкости абразивные зерна, получающие энергию от источника колебания ультразвуковой частоты.

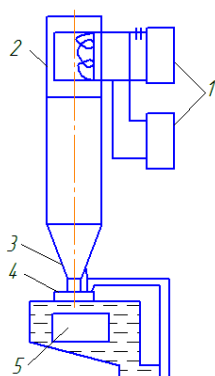


Рисунок 6.16 – Схема ультразвуковой обработки: 1 – силовой агрегат; 2 – магнитострикционный элемент; 3 – рабочий инструмент вибратора; 4 – профилирующий наконечник инструмента; 5 – заготовка.

Источник – магнитострикционный излучатель, который создается на основе магнитострикции таких материалов как никель, нержавеющая сталь, пермаллой. Магнитострикция заключается в изменении размеров тел, выполненных из этих материалов, под действием электрического или магнитного поля.

Магнитострикционный вибратор имеет никелевую трубку, помещенную в катушку и закрепленную одним концом на корпусе вибратора. Если катушку подключить к генератору переменного тока соответствующей ультразвуковой частоты, то с этой частотой будет измеряться и размер трубки. При появлении магнитного поля трубка уменьшает свою длину, при исчезновении этого поля принимает исходное положение. Поскольку один конец трубки закреплен, то другой конец будет иметь колебание в осевом направлении с ультразвуковой частотой. На нижнем конце трубки закрепляют наконечник, который является инструментом. Если вибрирующий наконечник опустить в воду, насыщенную взвешенными абразивными зернами, то он будет сообщать зернам ускорение, в тысячи раз превышающее ускорение силы тяжести, и в ультразвуковом поле появится высокое давление. От вибрирующего наконечника образуется фонтан пузырьков, который характеризует интенсивность ультразвукового поля.

Под воздействием электрозвуковых колебаний (частота 15...30 кГц) в жидкости возникает кавитационные явления, в следствии чего абразивные зерна с большой скоростью и силой ударяют в обрабатываемую поверхность и производят необходимую работу. Скорость обработки зависит от частоты и амплитуды колебаний, твердости и размера абразивных зерен. Инструмент изготавливается из стали 40, 45, 50, 40Х, 65Г и др.

Для ультразвуковой обработки используют абразивные зерна карбида бора, карбида кремния, алмазный порошок. Несущей жидкостью может быть вода или масло низкой вязкости.

Обработка свободно направленным абразивным зерном применяется при снятии заусенцев у деталей, очистке и др. Размерная обработка используется при изготовлении рабочих профилей твердосплавного инструмента, фильер, матриц из твердых сплавов, деталей из стекла, фарфора, камней и т. д. Сквозные отверстия можно обрабатывать с точностью 0,01...0,02 мм. $Ra = 0,63...0,16$ мкм. Производительность в 2...3 раза при обработке круглых отверстий выше, чем при обычной обработке.

Светолучевая обработка называется обработка лучом лазера или лучом оптического квантового генератора. Обработка материалов осуществляется концентрированной тепловой энергией. Преимуществами этой обработки является легкость фокусирования и точность направления луча, возможность работы в атмосфере любого состава, отсутствие обрабатывающего инструмента.

Недостаток: низкий КПД генераторов; затрудненность получения импульсов большой длительности.

С помощью этого вида обработки можно прошивать, сверлить, вырезать по контуру, вести сварку и др.

Установки для прошивки отверстий имеют мощность (0,5...3,0 кВт) и обеспечивает диаметр в пределах 2...10 мкм.

Тема 7: Приспособления для обработки резанием.

1. Назначение приспособлений.

Для установки деталей на станке используют 3 способа:

- 1) индивидуальная выверка по поверхности;
- 2) выверка по рискам разметки;
- 3) установка в приспособлении.

Приспособлением называют вспомогательное устройство для выполнения операций механической обработки, сборки, испытания и контроля.

Применение станочных приспособлений дает возможность:

- исключить разметку деталей перед обработкой и их выверку на станке;
- повысить режимы резания и производительность труда за счет сокращения вспомогательного времени, связанного с установкой заготовки и выверкой ее положения на станке, а также за счет увеличения числа одновременно обрабатываемых заготовок либо одновременно работающих режущих инструментов;
- повысить точность обработки в результате автоматического придания необходимого положения обрабатываемой заготовке и правильного расположения режущего инструмента;
- расширить диапазон технологических возможностей станка, т. е. увеличить количество выполняемых на нем технологических операций путем частичной или полной автоматизации станка, позволяющей организовать многостаночное обслуживание;
- снизить затраты на контроль;
- облегчить условия труда рабочего-станочника и использовать рабочих более низкой квалификации;
- снизить трудоемкость обработки детали и себестоимость ее изготовления.

Выбор приспособления зависит от вида и масштаба производства, формы заготовок, точности их размеров и технических условий на изготовление деталей. В единичном и мелкосерийном производстве применяются универсальные приспособления, расширяющие технологические возможности оборудования, в крупносерийном и массовом – специальные приспособления.

По назначению приспособления подразделяют на следующие виды:

1. Станочные приспособления, применяемые для установки и закрепления на станках обрабатываемых заготовок.

В зависимости от вида механической обработки эти приспособления подразделяют на приспособления для сверлильных, фрезерных, расточных, токарных, шлифовальных станков и др. Станочные приспособления составляют 80—90% в общем парке приспособлений.

Применение их обеспечивает: а) повышение производительности труда при сокращении времени на установку и закрепление заготовок, при уменьшении времени посредством многоместной обработки, совмещение технологических переходов и повышении режимов резания;

б) повышение точности обработки благодаря устранению, как правило, выверки при установке и связанных с ней погрешностей;

- в) облегчение условия труда станочников;
- г) расширение технологических возможностей оборудования;
- д) повышение безопасности работы.

Применение станочных приспособлений позволяет также снизить себестоимость продукции. Целесообразность применения станочных приспособлений должна определяться с помощью технико-экономических расчетов.

2. Приспособления для установки и закрепления рабочего инструмента (вспомогательный инструмент), осуществляющие связь между инструментом и станком.

3. Сборочные приспособления для соединения сопрягаемых деталей в узлы и изделия.

Их применяют для:

- а) крепления базовых деталей (или узлов) собираемого изделия;
- б) обеспечения правильной установки соединяемых элементов изделия;
- в) предварительной сборки упругих элементов (пружин, разрезных колец) и др., а также для выполнения соединений с натягом.

4. Контрольные приспособления, применяемые для промежуточного и окончательного контроля деталей в процессе механической обработки, а также для контроля собранных узлов машин.

5. Приспособления для захвата, перемещения и перевертывания обрабатываемых заготовок и узлов, используемые при обработке и сборке тяжелоёмких деталей и изделий.

По степени специализации приспособления подразделяют на:

1) универсальные, предназначенные для обработки разнообразных заготовок (машинные тиски, патроны, делительные головки, поворотные столы и пр.);

2) специализированные, предназначенные для обработки определенных заготовок путем использования дополнительных или сменных устройств (специальных губок для тисков, фасонных кулачков к патронам и т. п.);

3) специальные, предназначенные для выполнения определенных операций механической обработки данной детали.

Универсальные приспособления применяют в условиях единичного или мелкосерийного производства, а специализированные и специальные – в условиях крупносерийного и массового производства.

2. Элементы технологических приспособлений.

Основными элементами приспособлений являются:

- установочные для определения положения обрабатываемой поверхности заготовки относительно режущего инструмента;
- зажимные для закрепления обрабатываемой заготовки;
- направляющие для придания требуемого направления движению режущего инструмента относительно обрабатываемой поверхности;
- делительные, или поворотные, для точного изменения положения обрабатываемой поверхности заготовки относительно режущего инструмента;
- корпуса приспособлений – основная часть, на которой размещены все элементы приспособлений;

- крепежные для соединения отдельных элементов между собой;
- механизированные приводы для зажима обрабатываемой заготовки.

В некоторых приспособлениях установку и зажим обрабатываемой заготовки выполняют одним механизмом, называемым установочно-зажимным.

Эффективность применения приспособлений предопределяется рядом факторов, которые необходимо учитывать при конструировании технологической оснастки. К ним относятся: удобство и безопасность в работе; достаточная жесткость, обеспечивающая заданную точность обработки; высокая производительность; простота изготовления; доступность для ремонта и смены изношенных элементов.

Основными установочными элементами являются постоянные (неподвижные) опоры (рисунок 7.1), жестко связанные с корпусом приспособления, которые могут быть выполнены в виде штырей, опорных пластин и призм.

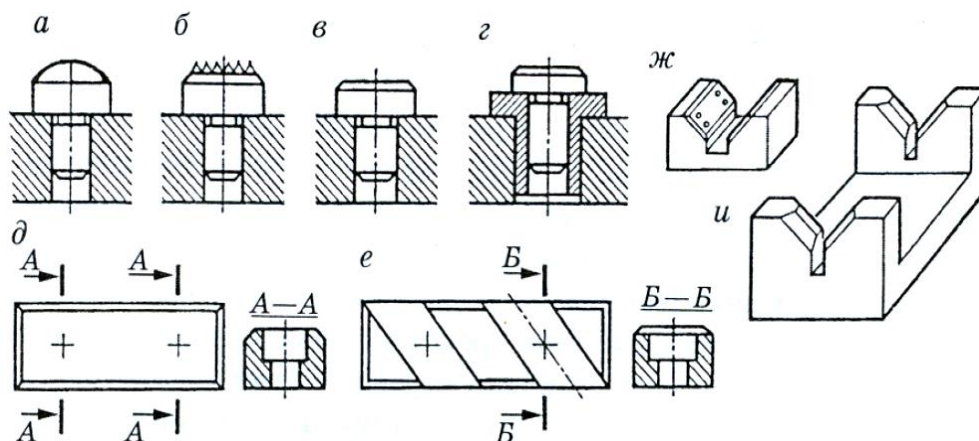


Рисунок 7.1 – Установочные элементы: а, б, в, г – опорные штыри; д, е – опорные пластины; ж, и – призмы

Опорные штыри со сферической и рифленой головками (рисунок 7.1, а, б) применяют для установки заготовок в приспособлении необработанными поверхностями, что обеспечивает контакт опоры с установочной поверхностью, близкий к точечному, и придает большую устойчивость заготовке.

При установке заготовки в приспособление на обработанные поверхности применяют плоские опорные штыри и пластины (рисунок 7.1, в, г, д, е).

Для установки деталей по наружным цилиндрическим поверхностям служат призмы (рисунок 7.1, ж, и). При установке заготовок по отверстиям применяют установочные пальцы и оправки.

Регулируемые опоры (рисунок 7.2) применяют в тех случаях, когда обрабатываемые заготовки имеют разную форму установочной поверхности или когда последняя имеет припуск, удаляемый в последующих технологических операциях.

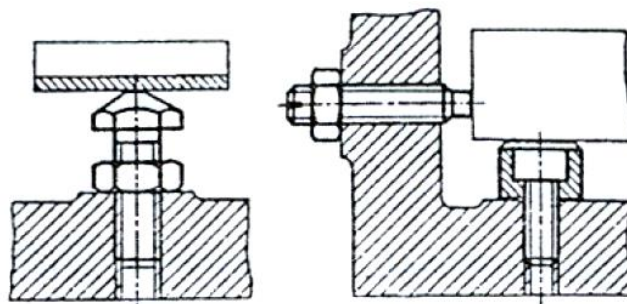


Рисунок 7.2 – Регулируемые опоры

Большая жёсткость и устойчивость обрабатываемой заготовки в приспособлении достигается при применении вместе с основными опорами вспомогательных опор.

На рисунке 7.3, а приведена самоустанавливающаяся опора. Установочная поверхность заготовки 1 контактирует с опорой 2 плунжера 3 под воздействием пружины 4. Плунжер закрепляется в установочном положении промежуточным сухарем 5 при помощи винта 6. Скос на плунжере ограничивает его перемещение вверх, так как система самотормозится. Степень предварительного сжатия пружины и её размеры определяют из условий исключения возможности смещения заготовки при контакте её поверхности с опорой 2 при выдвижении вверх плунжера 3.

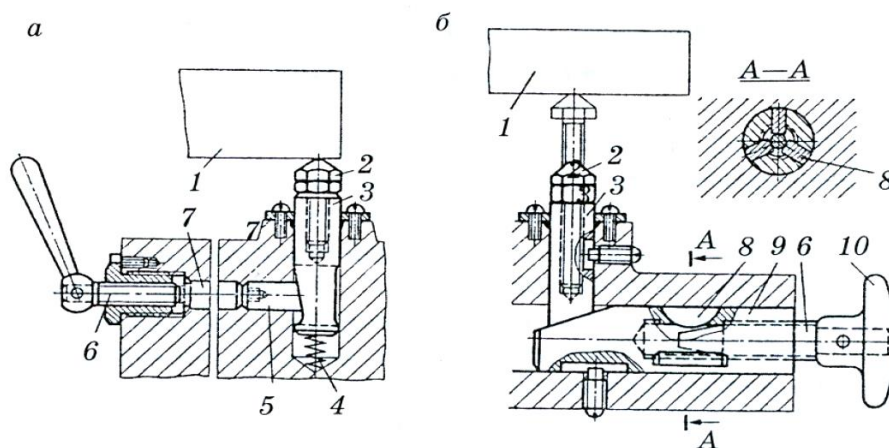


Рисунок 7.3 – Вспомогательные опоры: а – самоустанавливающаяся опора; б – клиновая опора; 1 – заготовка; 2 – опора; 3 – плунжер; 4 – пружина; 5 – промежуточный сухарь; 6 – винт; 7 – стержень; 8 – шпонка; 9 – горизонтальный клин; 10 – рукоятка

Подводимая клиновая опора (рисунок 7.3, б) используется для установки тяжелых заготовок деталей. Перемещение заготовки 1 осуществляется посредством клина 9 нажатием рукой на рукоятку 10.

Требования к установочным элементам приспособлений:

- количество и расположение установочных элементов должны обеспечивать необходимую ориентацию и устойчивость обрабатываемой заготовки по принятой в технологическом процессе схеме базирования;
- при базировании заготовки с использованием черновых баз установочные элементы следует выполнять с ограниченной опорной поверхностью для уменьшения влияния погрешностей и неровностей этих баз на устойчивость установки;
- установочные элементы должны быть жесткими и износостойкими, обеспечивать сохранность базовых поверхностей, особенно при установке детали на точные чистовые базы на финишных доводочных операциях;
- в целях упрощения ремонта приспособлений установочные элементы необходимо выполнять легкосменными.

3. Зажимные устройства приспособлений.

Зажимные элементы служат для надежного закрепления заготовки и обеспечения заданного ей положения при установке в приспособлении, не допуская смещения, деформации или вибрации детали при обработке.

Зажимные устройства бывают простые и сложные. К простым зажимам относятся: винтовые, эксцентриковые, клиновые, цанговые, разжимные оправки, мембранные патроны.

Сложные зажимные устройства состоят из нескольких простых устройств, соединенных вместе. К ним относятся зажимные устройства для станков непрерывного действия (многошпиндельных с вращающимся барабаном или столом) и автоматические, исключая ручной труд при закреплении заготовок в приспособлении. Тип зажимного устройства определяется соотношением вспомогательного времени к основному. Если вспомогательное время перекрывается основным, то можно применять устройства различного типа. В автоматических приспособлениях автоматизируются операции не только закрепления заготовки и открепления её, но также установка и снятие заготовки после обработки.

Основными требованиями, предъявляемыми к зажимным устройствам, являются: надёжность в работе; простота конструкции и удобство в обслуживании; минимальная затрата сил и быстродействие при закреплении и откреплении заготовок; равномерность закрепления заготовки, исключая деформацию и повреждение ее поверхностей; направление и точки приложения зажимных сил не должны вызывать опрокидывающих сил и изгибающих моментов, но должны обеспечивать наибольшую жёсткость и устойчивость крепления; сила зажима должна быть минимальной, но достаточной для надёжного закрепления детали.

4. Расчёт сил зажима.

При обработке резанием на заготовку действуют силы резания, определяющие силу зажима и реакции опор. Необходимая сила зажима должна исключать возможность смещения заготовки в приспособлении. Величина силы зажима зависит от принятой схемы установки заготовки, величины и направления сил резания.

На рисунке 7.4 приведены схемы для определения сил зажима при различных установках и действии сил резания на заготовку.

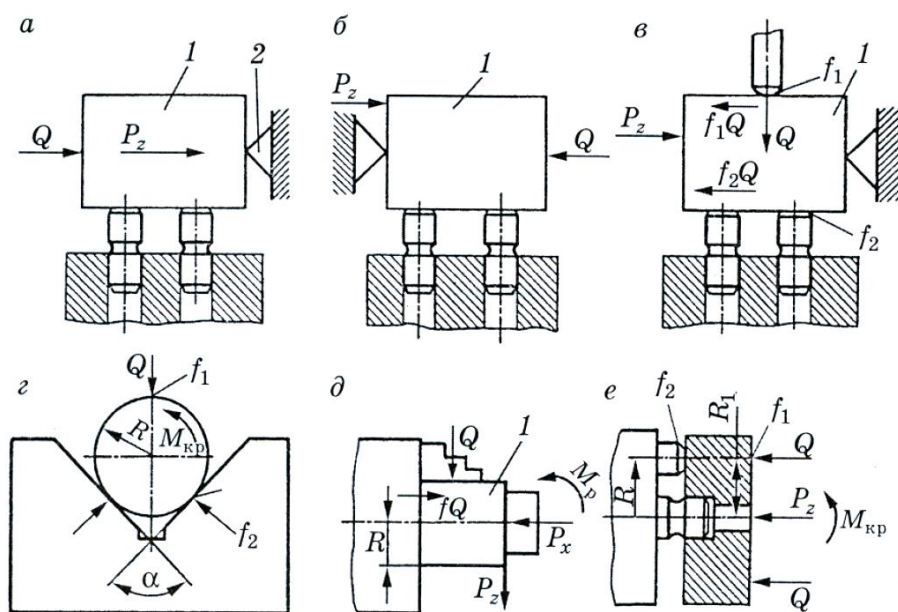


Рисунок 7.4 – Схемы для расчёта сил зажима при различном установе заготовки и взаиморасположении силы зажима Q и силы резания P_z

На рисунке 7.4, а силы зажима Q и резания P_Z действуют на опору 2 приспособления в одном направлении, что требует минимальной силы зажима. Такая схема установки характерна при цековании и фрезеровании бобышек и других операциях.

На рисунке 7.4, б приведена схема, когда силы Q и P_Z действуют на заготовку 1 в противоположных направлениях. В этом случае требуемая сила зажима равна:

$$Q = K \cdot P_Z,$$

где K – коэффициент запаса: при черновой обработке $K = 2,0$; при чистовой обработке $K = 1,4$.

На рисунке 7.4, в показана схема, когда силы Q и P_Z действуют на заготовку во взаимно перпендикулярных направлениях.

Силе P_Z противодействует сила трения $f_1 \cdot Q$ между зажимным элементом и верхней плоскостью заготовки и сила трения $f_2 \cdot Q$ между опорными штырями приспособления и нижней базовой плоскостью заготовки:

$$f_1 \cdot Q + f_2 \cdot Q = K \cdot P_Z$$

Откуда

$$Q = K \cdot P_Z / f_1 \cdot Q + f_2 \cdot Q$$

При установке заготовки цилиндрической поверхностью в призме с углом α (рисунке 11.4, г) необходимое усилие закрепления Q будет равно:

$$K \cdot M = f_1 \cdot Q \cdot R + f_2 \cdot Q \cdot R \cdot (1/\sin \alpha / 2)$$

Откуда

$$Q = K \cdot M / R(f_1 + f_2 \cdot \sin \alpha / 2)$$

При закреплении заготовки в трехкулачковом патроне (рис. 11.4, д) она подвергается действию составляющих P_Z (касательной) и P_x (осевой) силы резания. Сила P_Z создает момент резания $M_p = P_Z \cdot R$, стремящийся повернуть заготовку вокруг ее оси; сила P_x – сместить заготовку вдоль ее оси.

Суммарная сила зажима тремя кулачками Q определяется из выражения

$$Q \cdot f \cdot R = K \cdot M_p;$$

$$Q = K \cdot M_p / f \cdot R,$$

где R – радиус заготовки;

f – коэффициент трения между кулачками патрона и заготовкой.

Сила зажима одним кулачком:

$$Q \cdot K = Q/z$$

где z – число кулачков патрона.

Отсутствие осевого сдвига заготовки проверяется по формуле:

$$Q \cdot f > K \cdot P_x$$

$$\text{Откуда } Q > K \cdot P_x / f$$

На рисунке 7.4, е приведена схема обработки заготовки, установленной на центрирующий жесткий палец приспособления с прижимом торцевой плоскостью к трем опорным штырям несколькими прихватами. При обработке резанием на заготовку действуют сдвигающий момент $M_{кр}$ и осевая составляющая P_Z . От смещения в процессе обработки заготовка удерживается силами трения между

поверхностью заготовки и поверхностями установочных и зажимных элементов приспособления.

Необходимая сила зажима Q определяется по выражению:

$$Q = K \cdot M_{кр} - f_2 \cdot P_z \cdot R / f_1 \cdot R_1 + f_2 \cdot R$$

где f_1 – коэффициент трения между поверхностью заготовки и зажимным элементом;

f_2 – коэффициент трения между заготовкой и опорными штырями.

5. Силовые приводы приспособлений и их характеристика.

По степени механизации приводы приспособлений подразделяют на ручные, механизированные и автоматизированные.

Недостатки ручных зажимов: нестабильность величины зажимного усилия, процесс закрепления требует физического напряжения рабочего, сравнительно большие затраты времени на установку и снятие детали.

Поэтому ручные зажимы заменяют механизированными, которые повышают производительность труда, сокращая время установки и снятия детали, облегчить условия труда, повышают стабильность зажима заготовки.

В машиностроении широкое применение нашли пневматические, гидравлические, пневмогидравлические, электрические, магнитные, электромагнитные приводы.

Пневматические приводы являются наиболее распространенными и разделяются на пневмоцилиндры и пневмокамеры. Силовые приводы в виде пневмоцилиндров бывают одностороннего и двустороннего действия.

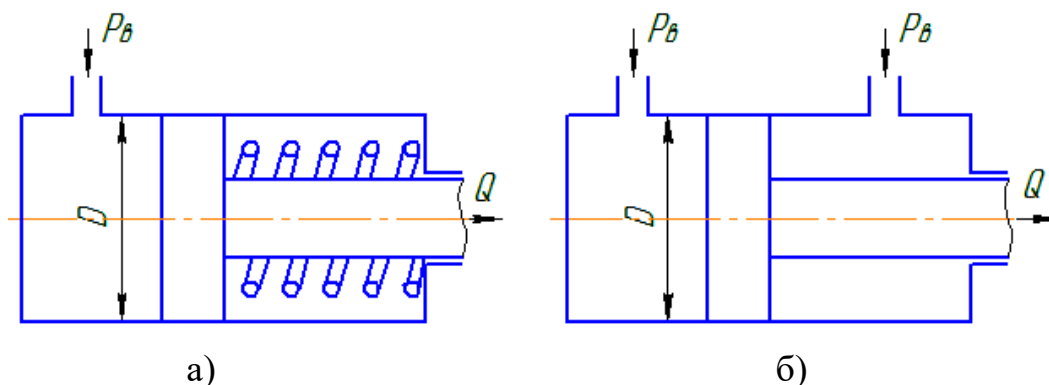


Рисунок 7.5 – Пневмоцилиндры: а – одностороннего действия; б – двустороннего действия

Пневмоцилиндры одностороннего действия используют в тех случаях, когда открепление заготовки не требует больших усилий. В этом случае возврат поршня в исходное положение осуществляется пружиной.

Сила на штоке у пневмоцилиндров одностороннего действия равна:

$$Q = P_v \frac{\pi D^2}{4} \cdot \eta - P_{пр};$$

где Q – усилие на штоке, Н;

P_v – удельное давление воздуха на поршень (0,4...0,5 МПа);

D – диаметр поршня, мм;

$P_{пр}$ – сопротивление возвратной пружины, Н;

η – КПД, учитывающий потери в цилиндре ($\eta=0,85...0,95$) зависит от D.

Пневмоцилиндры выполняют неподвижными, вращающимися и качающимися. Неподвижные или стационарные цилиндры устанавливают на столах станков – фрезерных, сверлильных и др.; вращающиеся цилиндры на токарных и револьверных станках.

Для пневмоцилиндра двустороннего действия сила на штоке равна:

$$Q = P_b \frac{\pi D^2}{4} \cdot \eta;$$

Для увеличения силы на штоке применяют пневмоцилиндры с двумя, тремя поршнями, закреплёнными на одном штоке.

Диафрагменный силовой привод изготавливают в виде пневмокамеры одностороннего действия. Она состоит из 2-х стальных штампованных или литых чугунных чашек (тарелок) со сжатой между ними диафрагмой из многослойной ткани (бельтинга), пропитанной и покрытой маслостойкой резиной.

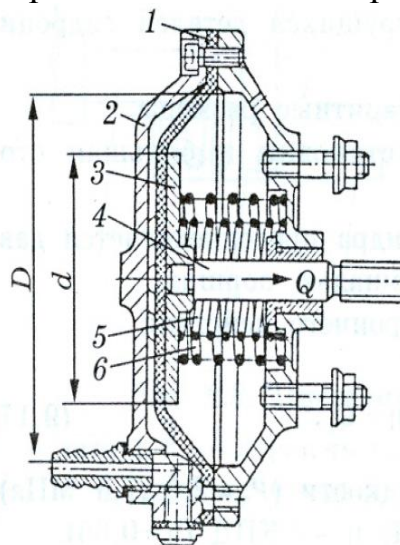


Рисунок 7.6 – Диафрагменный пневмопривод: 1 – диафрагма; 2 – крышка; 3 – опорный диск; 4 – шток; 5, 6 – пружины

Пневмокамеры имеют следующие преимущества по сравнению с пневмоцилиндрами:

- 1) не требуется высокая точность и качество обработки рабочей поверхности, как у пневмоцилиндров;
- 2) исключается утечка сжатого воздуха до полного износа диафрагмы;
- 3) проще по конструкции и выдерживают большее число включений (до 500 тыс.), в то время как манжеты пневмоцилиндров выдерживают до 50 тыс. включений.

К недостаткам пневмокамеры относятся небольшая величина хода штока и нестабильность усилия на штоке при его перемещении.

Гидравлические силовые приводы по сравнению с пневмоприводами имеют следующие преимущества:

- 1) высокое давление рабочей жидкости, что создаёт большую силу зажима;
- 2) обеспечивается смазывание трущихся деталей гидроцилиндра;
- 3) имеют меньшую массу и габаритные размеры.

Сила Q на штоке гидроцилиндра предопределяется давлением рабочей жидкости и площадью поршня.

Для гидроцилиндров одностороннего действия:

$$Q = P_m \frac{\pi D^2}{4} \cdot \eta - Q_1;$$

где P_m – давление рабочей жидкости ($P_m = 2,0 \dots 7,5$ МПа);

Q_1 – сила сжатия пружины, Н;

η – КПД ($\eta = 0,85$).

Для гидроцилиндров двустороннего действия:

$$Q = P_m \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot \eta ;$$

где d – диаметр штока.

Пневмогидравлические силовые приводы применяют в тех случаях, когда нужно развивать большие усилия зажима.

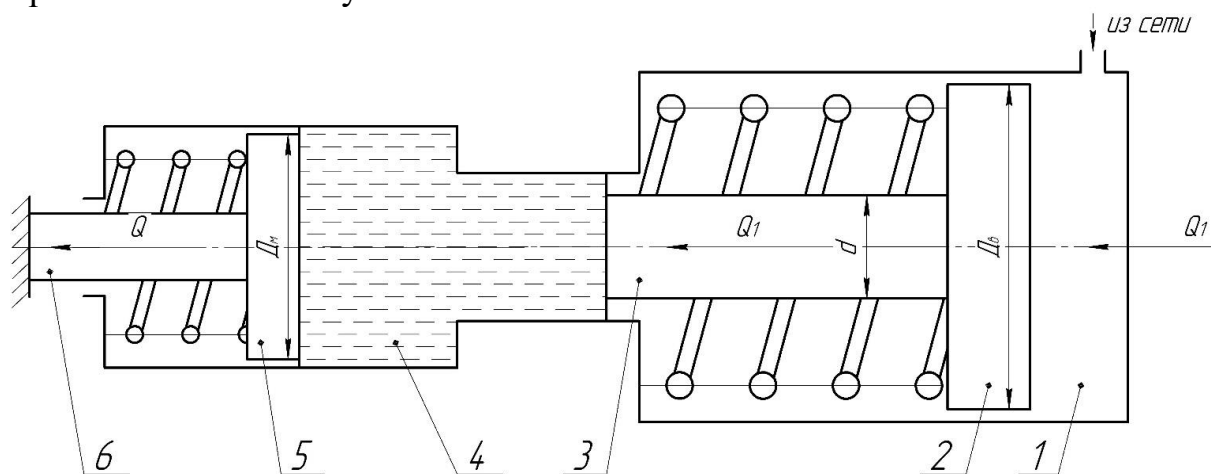


Рисунок 7.7 – Пневмогидравлический силовой привод

Из воздушной сети цеха воздух поступает в бесштоковую полость пневмоцилиндра 1 и поршень 2 со штоком-плунжером 3 перемещается влево. Шток-плунжер давит на масло в гидроцилиндре 4, поршень 5 со штоком 6 перемещается влево, и шток оказывает воздействие на зажимные устройства приспособления. Давление масла в гидроцилиндре во столько раз превышает давление воздуха в пневмоцилиндре, во сколько раз площадь поршня пневмоцилиндра больше площади штока-плунжера.

При условии равновесия между давлением воздуха и давлением масла:

$$P_b = \frac{\pi D_b^2}{4} = P_m \frac{\pi d^2}{4},$$

давление масла P_m в гидроцилиндре:

$$P_m = P_b \left(\frac{D_b^2}{d^2} \right);$$

где P_b – давление воздуха в пневмоцилиндре;

D_b – диаметр поршня пневмоцилиндра;

d – диаметра штока-плунжера.

Отношение D_b^2/d^2 является коэффициентом усиления и принимается равным 16...26.

Сила Q , создаваемая давлением масла на поршень гидроцилиндра и передаваемая зажимным устройством приспособления:

$$Q = P_m \frac{\pi D_m^2}{4} \cdot \eta;$$

Подставив выражение $P_m = P_b \left(\frac{D_b^2}{d^2} \right)$ в формулу для Q , получим:

$$Q = P_b \frac{D_b^2}{d^2} \cdot \frac{\pi D_m^2}{4} \cdot \eta;$$

$$\text{приняв: } Q_1 = \frac{\pi D_b^2}{4} \cdot P_b, \text{ получим } Q = Q_1 \frac{D_m^2}{d^2} \cdot \eta;$$

где Q_1 – сила на штоке пневмоцилиндра;

D_m^2 – диаметра поршня гидроцилиндра;

$\eta = 0,8 \dots 0,85$ – КПД пневмоцилиндра.

Пневмогидравлические силовые приводы применяют в стационарных и вращающихся приспособлениях.

6. Корпусные детали приспособлений.

Корпусные детали приспособлений должны быть жёсткими, прочными и устойчивыми. Силы зажима и резания через обрабатываемую деталь передаются корпусу. Он не должен деформироваться и вибрировать при обработке, быть удобным для установки на станке.

Заготовки для корпусов приспособлений могут быть литыми из серого чугуна, сварными из плит, листов и сортовых профильных материалов, коваными из стали, сварно-литыми и т.д.

В автомобильной промышленности корпуса приспособлений средних и крупных размеров изготавливают литыми или сварными. Для обработки небольших деталей используют стальные кованные корпуса.

7. Элементы для направления режущего инструмента.

При обработке отверстий осевым инструментом (сверлами, зенкерами, развертками) вследствие их недостаточной жесткости точность и производительность обработки невысока.

Использование кондукторных втулок позволяет повысить точность диаметральных размеров обрабатываемых отверстий за счет уменьшения разбивки, повысить точность расположения отверстия относительно баз за счет уменьшения увода инструмента, вести обработку на более жестких режимах резания.

По конструкции кондукторные втулки бывают:

Постоянные – они запрессовываются в корпус приспособления (посадка H7/p6) и при износе меняются. Такие втулки применяются в единичном и мелкосерийном производстве при незначительном износе.

Сменные втулки, применяются в условиях серийного и массового производства. Их устанавливают в постоянные втулки по посадке H7/h6 или H7/g6 и крепят винтом. При износе их легко сменить открутив винт.

Быстросменные, применяются если в одном приспособлении отверстие последовательно обрабатывается несколькими инструментами. Их также устанавливают в постоянные втулки, быстрая смена обеспечивается за счет поворота втулки и извлечения ее через прорезь соответствующую по форме головке винта.

Специальные, например, кондукторные втулки для обработки отверстий на наклонных поверхностях, или для обработки близко расположенных отверстий (в одной втулке выполняется два отверстия для подвода инструмента).

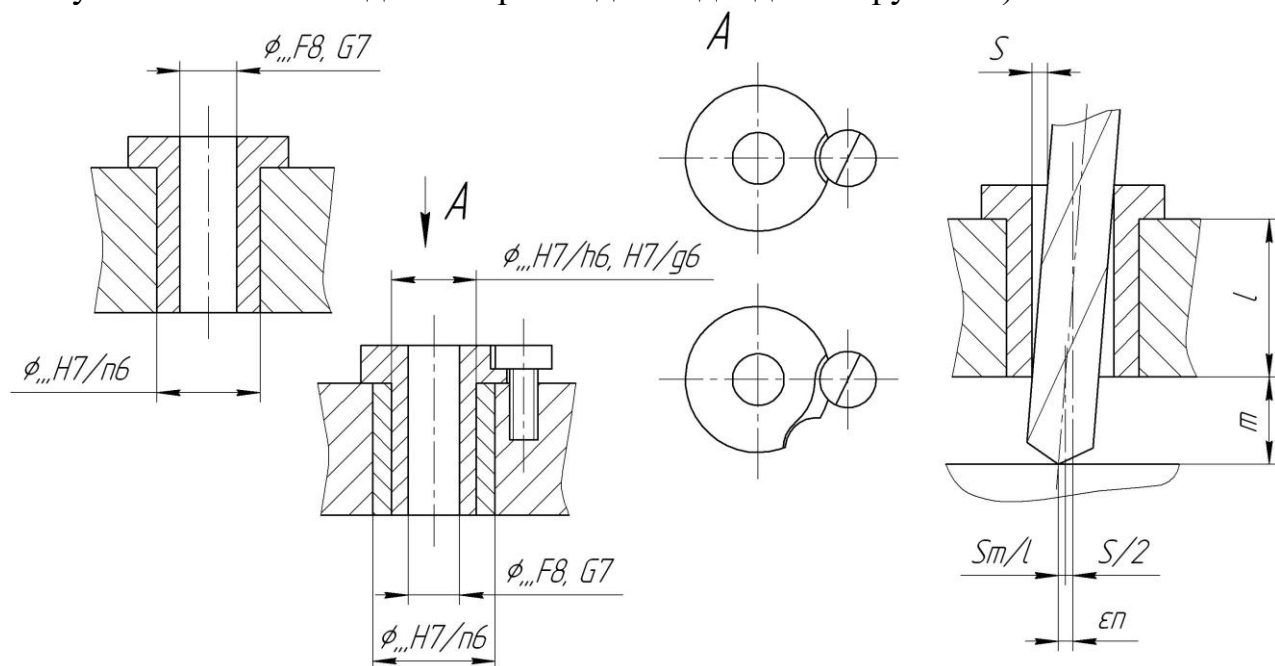


Рисунок 7.8 – Постоянные, сменные, быстросменные кондукторные втулки. Погрешность положения отверстия при обработке с использованием кондукторных втулок

Допуски на диаметр отверстия в кондукторной втулке для прохода сверл и зенкеров устанавливают с полем допуска F8, для прохода разверток - с полем допуска G7.

В процессе эксплуатации втулки интенсивно изнашиваются. При обработке стали и чугуна износ составляет 3...6 мкм на 10 м пути инструмента. На предварительном этапе расчетов приспособления на точность допуск на износ втулки принимают равным допуску на изготовление отверстия во втулки (8 или 7 квалитет точности).

Втулки для отверстий диаметром до 25 мм изготавливают из сталей У10А, У12А с закалкой до HRC 60...65; большего диаметра – из сталей 20, 20Х с последующей цементацией и закалкой до той же твердости.

Вплотную к заготовке втулку не размещают или размещают крайне редко, поскольку в этом случае наблюдается еще более интенсивный ее износ за счет стружки проходящей через отверстие втулки.

Направляющие втулки расточных приспособлений, используются для направления борштанг с расточными резцами. Они выполняются как неподвижными, так и вращающимися.

Для уменьшения износа и увеличения точности обработки предпочтительно применение вращающихся втулок. Они монтируются на подшипниках скольжения или качения. В последнем случае втулки имеют большой диаметр, поэтому лучше использовать игольчатые подшипники с небольшими радиальными размерами.

Для принудительного вращения втулки имеют на внутренней поверхности шпоночный паз, соответственно на борштанге устанавливается шпонка.

Тема 8: Технологичность конструкций.

1. Отработка конструкции на технологичность.

Развитие техники требует непрерывного совершенствования конструкций машин, направленного на повышение экономичности и удобства их эксплуатации.

Под технологичностью конструкции следует понимать совокупность свойств конструкции изделия, которые в процессе подготовки производства, изготовления, эксплуатации и ремонта изделия обеспечивают, наряду с высокими эксплуатационными свойствами, его минимальную трудоёмкость, материалоёмкость и себестоимость.

Отработка конструкции изделия на технологичность представляет собой комплекс мероприятий по обеспечению необходимого уровня технологичности конструкции изделия по установленным показателям. На первых стадиях проектирования обработку на технологичность ведут конструкторы с участием технологов, а на следующих этапах включаются работники производства и ОТК.

Существуют следующие виды технологичности конструкции:

- 1) производительная, определяемая применительно к изготовлению изделия;
- 2) эксплуатационная, определяемая применительно к выполнению технического обслуживания и ремонта изделия;
- 3) при техническом обслуживании – эксплуатационная технологичность конструкции, определяемая применительно к подготовке и обслуживанию изделия соответственно при функционировании, транспортировке и хранении;
- 4) ремонтная, определяемая удобством и простотой ремонта.

Конструктивная отработка изделия включает следующие виды работ:

- 1) упрощение компоновки изделия;
- 2) расчленение конструкции изделия на отдельные части для удобства монтажа и регулировки изделия;
- 3) обеспечение возможности параллельной сборки отдельных сборочных единиц изделия;
- 4) сокращение количества наименований деталей, входящих в изделие;
- 5) применение деталей, имеющих более простую форму;
- 6) максимальную унификацию применяемых материалов с учётом обеспечения высокой надёжности работы изделия, применение технологичных заготовок деталей;

- 7) выбор конструкторских баз и постановку размеров с учётом процесса изготовления деталей;
- 8) установление рациональной шероховатости поверхностей детали, а также допусков на размеры;
- 9) установление монтажных зазоров и натягов;
- 10) стандартизацию и унификацию деталей, сборочных единиц, агрегатов;
- 11) обеспечение регулируемости конструкции;
- 12) обеспечение инструментальной доступности конструкции, которая создаёт свободный доступ инструмента к её поверхности при изготовлении, техническом обслуживании и ремонте

Технологическая отработка конструкции включает:

- 1) преемственность освоенных в производстве конструктивных типовых решений, соответствующих современным требованиям;
- 2) применение современных высокопроизводительных автоматизированных и наиболее рациональных технологических процессов обработки и сборки;
- 3) обеспечение заданной точности и качества изготавливаемой продукции;
- 4) обеспечение минимального расхода материалов на изготовление изделия;
- 5) применение рациональных методов и средств контроля точности и качества изделий.

Эксплуатационная отработка включает обеспечение:

- 1) эксплуатационной надёжности и ремонтпригодности изделия;
- 2) удобства обслуживания в процессе эксплуатации;
- 3) снижения трудоёмкости и стоимости работ при эксплуатации, минимальной массы изделия.

При выполнении работы по повышению технологичности конструкции машины, механизма, сборочной единицы или детали необходимо учитывать следующие положения:

- 1) создание технологичной конструкции изделия должно способствовать применению высокопроизводительных экологически обоснованных технологических процессов обработки и сборки;
- 2) оценку технологичности конструкции производят по базовому показателю, который представляет собой показатель технологичности конструкции, принятый за исходный при сравнительной оценке. Оптимальные значения базовых показателей указываются в техническом задании на разработку изделия;
- 3) при отработке конструкции на технологичность необходимо рассматривать всё изделие в целом, так как повышение технологичности отдельных деталей не даёт должных результатов.

2. Показатели технологичности и их определение.

Согласно ГОСТ 14201-83 отработка на технологичность направлена на повышение производительности труда, сокращение затрат и сокращение времени на проектирование, технологическую подготовку производства, изготовление, техническое обслуживание и ремонт изделия

Технологичность конструкции оценивают посредством системы показателей, которая включает: основные показатели, дополнительные показатели — технико-

экономические и технические; уровень технологичности конструкции по трудоёмкости и себестоимости изготовления.

К основным показателям технологичности относятся трудоёмкость изготовления изделия и технологическая себестоимость, т.е. себестоимость изделия, определяемая суммой затрат на осуществление технологических процессов изготовления изделия без учёта покупных изделий. В технологическую себестоимость входят стоимость материалов, заработная плата, расходы на энергии, стоимость технического обслуживания, ремонта оборудования, инструмента и приспособлений, смазочных, охлаждающих и обтирочных материалов.

К технико-экономическим показателям относятся относительная и удельная трудоёмкость, относительная и удельная себестоимость.

К техническим показателям относятся коэффициенты:

1) унификации изделия – отношение количества унифицированных сборочных единиц изделия и его унифицированных деталей, не вошедших в состав сборочных единиц, к общему количеству составных частей, без учёта стандартных крепёжных деталей;

2) стандартизация изделия;

3) применение типовых технологических процессов;

4) использование материалов;

5) точность обработки;

6) шероховатость поверхности и т.д.

Уровень технологичности конструкции по трудоёмкости изготовления – отношение достигнутой трудоёмкости изготовления изделия к базовому показателю трудоёмкости изготовления.

Уровень технологичности конструкции по себестоимости изготовления – отношение достигнутой технологической себестоимости изготовления изделия к базовому показателю технологической себестоимости.

Отработку изделия на технологичность конструкции можно оценить сравнением 2-х и более вариантов конструкции до и после обработки на технологичность. Наиболее совершенным показателем конструкции является стоимость изготовления изделия.

Трудоёмкость изготовления является одним из основных показателей технологичности конструкции. Общая трудоёмкость изготовления каждой детали складывается из трудоёмкости изготовления заготовки, механической, термической обработки и т.д.

Общая трудоёмкость изготовления изделия включает трудоёмкость изготовления каждой детали, а также трудоёмкость сборки, отделки и испытания.

Если оценка технологичности конструкции по основным показателям не даёт полного представления, то сравнение ведётся дополнительно по вспомогательным показателям:

$$m = \frac{M_a}{N};$$

где M_a – общая масса автомобиля;

N – мощность автомобиля.

3. Технологичность конструкций исходя из условий обработки резанием.

Если деталь подвергается обработке резанием, то технологичность её конструкции должна обеспечить применение рациональной заготовки, форма и размеры которой приближались бы к форме и размерам готовой детали. Под технологичностью заготовки следует понимать совокупность её свойств, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени при её изготовлении. Форма детали должна быть по возможности простой.

Технологичность конструкции детали – это совокупность свойств конструкции, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материала и времени при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте, и обеспечение технологичности сборочной единицы. Технологичная конструкция детали предполагает рациональную простановку размеров, допусков и шероховатости. Она должна иметь минимальную трудоёмкость изготовления.

Минимальная по трудоёмкости и высококачественная обработка детали должна обеспечиваться за счёт хорошей обрабатываемости материала. Например, детали из низкоуглеродистых сталей (с содержанием С до 0,3%) невозможно обработать с малой шероховатостью поверхности; такие детали плохо шлифуются и R_a обычно не менее 2,5 мкм. Детали из более твёрдых материалов могут быть обработаны более чисто. Детали из металлов и металлических сплавов твёрдостью до HRC45 могут быть обработаны лезвийным инструментом, а твёрдостью выше HRC45 обрабатывают абразивным инструментом.

Технологичность заготовки может быть повышена за счёт сокращения количеств обрабатываемых поверхностей. При конструировании деталей из проката, литых и горячештампованных заготовок следует оставлять без последующей обработки неотчетливые поверхности. Деталь с фасонной поверхностью может быть получена в заготовке без дальнейшей обработки. Иногда незначительное изменение конструкции детали позволяет изготовить её из профильного проката, что резко снижает металлоёмкость и трудоёмкость обработки.

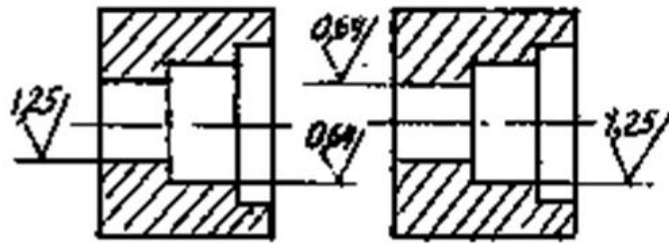
При проектировании деталей трубчатой формы необходимо максимально использовать сортамент бесшовных труб, что повысит рентабельность их изготовления. Заготовки, получаемые литьём под давлением, требуют незначительной обработки и отличаются высоким коэффициентом использования металла.

Требования, предъявляемые к технологичности формы детали должны максимально учитывать использование производительных методов обработки. Основными требованиями являются:

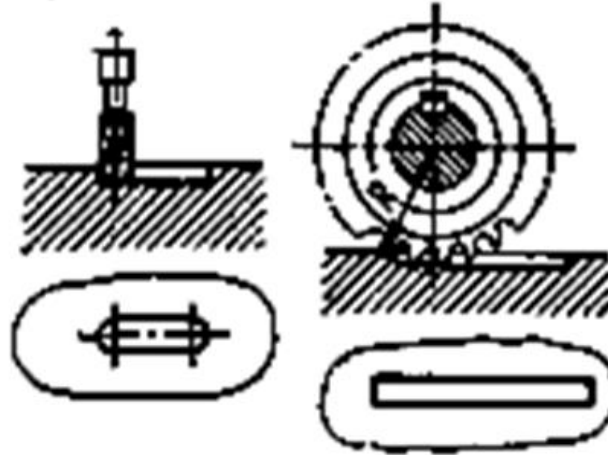
- 1) упрощение формы обрабатываемых поверхностей детали;
- 2) удобное для обработки резанием расположение плоских поверхностей;
- 3) доступность обработки и измерения поверхностей деталей;
- 4) обеспечение выхода инструмента и обработка поверхностей на проход;
- 5) обеспечение надёжной технологической базы.

Примеры улучшения технологичности конструкции деталей, подвергающихся обработке резанием:

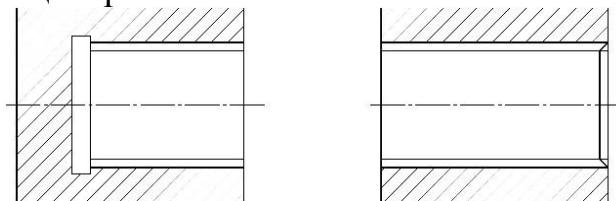
- 1) Наиболее точная ступень отверстия должна быть сквозной.



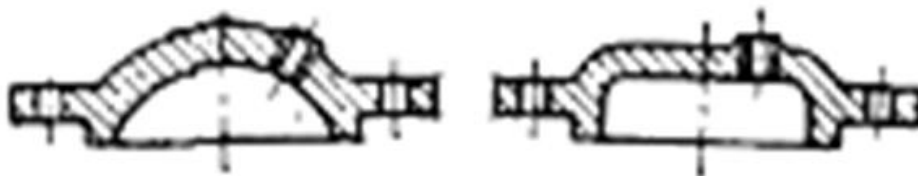
2) Желательно применять пазы и прорези, обрабатываемые дисковыми фрезами, так как обработка пальцевыми фрезами менее производительна



3) Нарезка шлицев в глухом отверстии затруднительна. При сквозном отверстии возможно нарезать шлицы протяжкой.



4) Возможность обработки нескольких отверстий при одной установке и упрощении конструкции приспособления



Тема 9: Технология изготовления деталей на станках с числовым программным управлением и гибких производственных системах

1. Автоматизация технологических процессов обработки резанием

Автоматизацией технологических процессов называют комплекс мероприятий по управлению и контролю технологических процессов или технологического оборудования, осуществляющий без участия рабочего. На базе прогрессивных технологических процессов обработки резанием, контроля и сборки автоматизация решает задачу создания принципиально новой техники.

Автоматизация станков, заключающаяся в оснащении их загрузочными и разгрузочными устройствами, приспособлениями и механизмами, ускоряющими действия рабочего, называется малой автоматизацией.

Развитие и внедрение автоматизации обеспечивает повышение производительности труда и качество выпускаемых изделий, сокращение числа производственных рабочих. Вместе с тем повышается стоимость, ремонтосложность, усложняется наладка и обслуживания оборудования. Однако экономический эффект от внедрения автоматизации обеспечивает окупаемость затрат на неё.

Следует учитывать, что не каждый технологический процесс пригоден в качестве исходного для создания автоматизированного оборудования. Поэтому необходим анализ технологических процессов.

На первом этапе автоматизация технологических процессов охватила лишь отдельные операции обработки. На этом этапе решалась задача автоматизации рабочего цикла и создание автоматов и полуавтоматов. Под рабочим циклом понимают время выполнения полных рабочих и холостых ходов при обработке заготовки.

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{р}} + t_{\text{х}};$$

где $t_{\text{р}}$ – время рабочих ходов;

$t_{\text{х}}$ – время холостых ходов.

Любой станок самостоятельно выполняет рабочие ходы, если он выполняет ещё и холостые ходы, то такой станок является автоматом.

По степени автоматизации станки можно разделить на несколько групп:

1) универсальные станки с ручным управлением. Здесь рабочие ходы выполняется станком, а холостые – рабочим с помощью кнопок, рукояток, маховиков и т.д.

2) универсальные автоматы и полуавтоматы характеризуются высокой производительностью и значительными возможностями многостаночного обслуживания. В случае переналадки автоматов и полуавтоматов, производительность их снижается. По этой причине они применяются в крупносерийном и массовом производствах.

3) специализированные и специальные автоматы и полуавтоматы используются только в массовом производстве. Специализированными называют станки, которые можно переналадить на обработку узкой группы однотипных деталей, специальными – станки, предназначенные для изготовления конкретной детали.

4) агрегатные станки komponуются из типовых механизмов и узлов. Наиболее распространены станки для обработки резанием заготовок корпусных деталей, которые при этом остаются неподвижными. На агрегатных станках выполняют сверление, растачивание, фрезерование, нарезание резьбы и др. Агрегатные станки не предусматривают переналадки на обработку заготовок других деталей, поэтому они решают проблемы автоматизации и особенно в поточно-автоматизированном производстве.

5) станки с числовым программным обеспечением (ЧПУ). Принципиальной особенностью станков с ЧПУ является высокая мобильность и повышение степени автоматизации. Если в автоматах и полуавтоматах программносителями являются кулачки, копиры или упоры, то в станках с ЧПУ программа задаётся с помощью кодированной информации на магнитной ленте.

Наиболее характерными являются многооперационные станки с ЧПУ и автоматической заменой режущих инструментов – обрабатывающие центры.

Второй этап автоматизации характеризуется созданием автоматических линий, на которых выполняются разнообразные операции обработки резанием, контроля, сборки и т.д.

Автоматическая линия представляет собой систему станков, расположенных по технологическому процессу последовательно, и объединённых средствами транспортирования и управления, автоматически выполняющих технологические операции, кроме наладки и подналадки.

По принципу работы автоматические линии разделяют на синхронные-жёсткие и несинхронные-гибкие.

В синхронной автоматической линии обрабатываемые заготовки во время обработки передаются от станка к станку (с позиции на позицию) без транспортирования в магазины-накопители или бункера. Станки в линии связаны жёстким транспортом и образуют прямоточную линию.

В несинхронных автоматических линиях каждый станок имеет бункер или магазин-накопитель для хранения обрабатываемых заготовок и манипулятор. Благодаря гибкой связи станки в линии могут работать независимо.

По типу применяемого металлорежущего оборудования автоматические линии могут состоять:

1) из универсальных станков-автоматов и полуавтоматов; широкое распространение эти линии получили в подшипниковой промышленности (обработка подшипниковых колец), а также при изготовлении деталей типа зубчатых колёс.

2) из агрегатных станков получили широкое применение в крупносерийном и массовом производстве. На них обрабатывают заготовки различных размеров и формы. Заготовки с малой базовой поверхностью устанавливаются на загрузочной позиции в приспособлениях спутниках. Использование спутников расширяет технологические возможности АЛ, но одновременно увеличивает их стоимость, так как количество спутников соответствует количеству одновременно обрабатываемых на линии заготовок.

3) из специализированных станков применяют также в крупносерийном и массовом производстве. Эти линии состоят обычно из станков, выпускаемых серийно. Автоматические линии из специализированных станков применяют для обработки заготовок деталей типа тел вращения (заготовки с большим припуском, фасонными поверхностями и т.д.)

4) Из специальных станков используют при изготовлении деталей, конструкции которых стабильны в течение длительного времени

Недостатком комплексных автоматических линий из специальных станков является их высокая стоимость и длительные сроки проектирования. Поэтому они эффективны при массовом производстве однотипных деталей.

К АЛ из специальных станков относятся роторные линии. Заготовки транспортируются от одной рабочей позиции к другой вращающимися транспортными роторами и обрабатываются в каждой рабочей позиции ротора при непрерывном его вращении. Режущие инструменты в роторных линиях расположены по окружности. Обработка резанием осуществляется при непрерывном движении заготовки и режущего инструмента (патроны, цепи велосипедов, мотоциклов и т.д.)

На третьей ступени автоматизации решается задача создания автоматизированных технологических комплексов и гибких производственных систем (ГПС). Комплексная автоматизация технологических процессов характеризуется полной автоматизацией. Здесь широко применяется вычислительная техника. Управление станками ведется от ЭВМ. От одной ЭВМ может управляться до 250 станков. Для управления таким количеством станков центральная ЭВМ связана с ними через ряд промежуточных линий ЭВМ, каждая из которых управляет небольшой группой станков. Функции управления разделены между центральной и промежуточной ЭВМ.

2 Технологические возможности станков с ЧПУ

Одним из главных направлений автоматизации процессов механической обработки заготовок мелкосерийного и серийного машиностроения является применение станков с ЧПУ. Станки с ЧПУ представляют собой полуавтоматы или автоматы, все подвижные органы которых совершают рабочие и вспомогательные движения автоматически по установленной программе, записанной на магнитной ленте или диске.

Применение станков с ЧПУ развивается в 2-х направлениях:

1) Обработка очень сложных заготовок уникальных деталей, имеющих сложную конфигурацию и различные фасонные поверхности, изготовление которых на традиционных станках затруднено.

2) Обработка заготовок обычных деталей с точностью IT6...IT8 и шероховатостью $R_z = 3...10$ мкм (имеет место снижение потребности в рабочих высокой квалификации).

Исходной документацией для разработки управляющей программы является чертеж обрабатываемой заготовки, технологическая карта, а также расчетно-технологическая карта или схема движения инструментов при обработке.

Технолог-программист составляет программу на основании чертежа и технологического процесса обработки заготовки. Сначала готовится технологическая информация, которая математически преобразуется на электронных машинах, кодируется на магнитную ленту, перфокарту или гибкий диск и передается в цех.

Системы ЧПУ позволяют изменять режимы резания в процессе обработки заготовок внутри отдельных переходов. Это создает новые возможности оптимизации процессов обработки сложных фасонных поверхностей.

Современные токарные станки оснащают контурными системами ЧПУ с линейно-круговым интерполятором и устройством для нарезания резьбы. Такие системы позволяют производить обработку заготовок сложного профиля, нарезания резьбы, коррекцию положения режущей кромки инструмента обеспечивают высокую скорость холостых ходов. Для использования технологических возможностей станка имеет значение его техническое оснащение, поставляемое со станков: зажимные приспособления, режущий инструмент, вспомогательная оснастка, контрольные приспособления. Токарные станки с ЧПУ обеспечивают точность обработки по IT6 с $R_z = 6...12$ мкм.

Современные фрезерные станки с ЧПУ оснащены контурными системами с линейно-круговым интерполятором, которые обеспечивают управление по трем и более координатами. Этого достаточно для объемной обработки заготовок.

В отличие от токарных фрезерные станки не комплектуются штатным режущим инструментом, однако к отдельным моделям поставляется набор оправок для закрепления инструментов.

Фрезерные станки с ЧПУ позволяют производить фрезерование в автоматическом режиме плоских контуров различной кривизны, объемное фрезерование, сверление, зенкерование и растачивание, а также взаимно перпендикулярные и взаимно параллельные плоскости без переустановки заготовок, растачивать точные соосные отверстия с 2-х сторон. При этом обеспечивается взаимная перпендикулярность сторон в пределах 0,05 мм на длине 500 мм, соосность отверстий – 0,05 мм на длине 500 мм.

Более широкое распространение в промышленности нашли обрабатывающие центры. Обрабатывающий центр представляет собой высокоавтоматизированный станок с программным управлением, дополнительно снабженный специальным магазином для автоматической смены режущего инструмента. На обрабатывающих центрах осуществляются почти все процессы обработки резанием: сверление, зенкерование, развертывание, растачивание, нарезание резьбы, фрезерование. Можно обрабатывать сложные корпусные детали с разных сторон и под различными углами (глобусный стол). На станках предусматривается автоматическое управление переходом с ускоренного перемещения на замедленное при подходе к требуемой координате и возможность чередование быстрой и рабочей подачи перемещаемых органов станка. Единственным видом работ, выполняемых вручную, является установка и закрепление заготовки. Режущий инструмент помещается на revolverных головках или инструментальных магазинах (до 138 инструментов). Смена инструмента 2...6 с.

Важнейшим преимуществами обрабатывающих центров являются простота их наладки и переналадки на изготовление заготовок другой конструкции.

По точности исполнения некоторые обрабатывающие центры близки к координатно-расточным станкам IT6...IT7 при $R_z = 3...10$ мкм.

3 Изготовление деталей в гибких производственных системах

Достижения в развитии микроэлектроники открыли принципиально новые возможности для осуществления высокоэффективной автоматизации процессов механической обработки. Реализация этих возможностей нашла отражение в сознании высокопроизводительного технологического оборудования с ЧПУ и на его базе – гибких производственных систем (ГПС), являющихся основой создания автоматических цехов и предприятий.

Под ГПС понимают совокупность в разных сочетаниях оборудования с ЧПУ, роботизированных технологических комплексов, гибких производственных модулей, отдельных единиц технологического оборудования и систем обеспечивается их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени, обладающих свойством автоматизированной переналадки при производстве изделий произвольной номенклатуры.

По организационным признакам ГПС классифицируется на:

- 1) гибкие автоматизированные участки (ГАУ), функционирующие по технологическому маршруту.
- 2) гибкие автоматизированные линии (ГАЛ), в которых технологическое оборудование расположено в принятой последовательности технологических операций.
- 3) гибкие автоматизированные цехи (ГАЦ), представляющие собой в различных сочетаниях совокупность гибких автоматизированных линий, гибких автоматизированных участков для изготовления изделий заданной номенклатуры.

Эффективность применения ГПС обусловлена: высокой производительностью и гибкостью производства.

Рассмотрим структуру ГПС на примере ГАУ.

Основой ГАУ является станочное оборудование в виде ГПМ, станков с ЧПУ, РТК. Для автоматизации вспомогательных операций и обеспечения бесперебойной работы станочного оборудования применяются: промышленные роботы, автоматизированная транспортно-складская система, контрольно-измерительные машины, управляющий вычислительный комплекс (УВК). Современные концепции построения ГАУ предусматривает наличие у станков самостоятельных устройств ЧПУ. Гибкость и надежность такой системы обеспечивается тем, что каждый станок имеет возможность управляться как самостоятельный объект, т.е. возможна независимая работа каждого станка. Поэтому в единый комплекс могут объединяться станки различных групп.

Под гибкостью понимают приспособляемость производств к выпуску требуемой номенклатуры продукции путем смены управляющих программ с сокращением оборудования и оснащения.

Оснащение каждого входящего в состав ГАУ станка устройством ЧПУ и использованием миниЭВМ представило возможность ввода в устройство ЧПУ полной управляющей программы.

Тенденция резкого увеличения количества применяемых в машиностроении станков с ЧПУ, ГПМ, РТК обусловлена следующими факторами:

- 1) Необходимостью освоения в сжатые сроки новых изделий;
- 2) Расширением номенклатуры выпускаемых изделий и быстрой сменяемостью объектов производства;
- 3) Проблемами восполнения рабочей силы, особенно высококвалифицированными станочниками;
- 4) Освоением производства новых разновидностей систем ЧПУ и станков с программы управлением, что позволяет значительно расширить число областей применения этого оборудования.

Если в условиях массового производства со стабильным характером выпускаемой продукции главным требованием к рабочим машинам является высокая производительность, то для условий серийного производства первостепенное значение имеет универсальность и мобильность средств производства. Под универсальностью понимается способность оборудования к переналадке на возможно более широкий диапазон обрабатываемых изделий. Мобильность определяется быстротой перехода с выпуска одних изделий на другие.

Эффективность используемых в составе ГАУ станков с ЧПУ увеличивается по сравнению с индивидуальными станками с ЧПУ на 40...70%

Рациональной областью изменения ГАУ является серийное производство с годовой программой выпуска для деталей типа «тел вращения» от 200 до 20 тыс. шт. деталей каждого наименования, для корпусных – от 80 до 5 тыс. штук.

4 Промышленные роботы

В течение длительного времени автоматизация производственных процессов в машиностроении развивалась применительно к решению задач массового поточного производства. В соответствии с этим большинство ГПС строились в основном для производства одного типа изделия или с возможностями переналадки на узкий диапазон однотипных изделий.

В настоящее время создаются устройства с большим числом степеней свободы (до шести и более), с широким диапазоном переналаживания на различные скорости перемещения, величины ходов и конструктивно независимые от основного технологического оборудования – промышленные роботы. Появление промышленных роботов явилось дальнейшим закономерным этапом развития механизмов и систем для автоматической загрузки и транспортирования изделий.

Роботы позволяют избавить человека от монотонного, тяжелого и вредного труда.

Промышленные роботы – новое универсальное средство комплексной автоматизации производственных процессов. Они обладают способностью к быстрой переналадке последовательности, скорости и содержания манипуляционных действий. Благодаря быстрой переналадке промышленные роботы обеспечивают наибольший эффект в условиях частой смены объектов производства, а также при автоматизации ручного низкоквалифицированного труда. Применение промышленных роботов в массовом производстве позволяет в короткие сроки комплектовать средствами автоматизации автоматические линии различного назначения.

Как показывает опыт, комплексное применение промышленных роботов позволяет повысить производительность труда в среднем в 1,5...2 раза, сменность работы оборудования в 1,5...1,8 раза, а также существенно улучшить ритмичность и общую культуру производства.

Промышленный робот (ПР) состоит из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций.

Управляемое устройство для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям руки человека, при перемещении объектов в пространстве, оснащенное рабочим органом, называется манипулятором.

Основными структурными составными частями ПР являются исполнительное устройство, система управления и информационная система. Исполнительное устройство ПР выполняет его двигательные функции, в состав его входят манипулятор и устройство передвижения.

Система управления – совокупность функционально взаимосвязанных и взаимодействующих средств управления, обеспечивающих обучение

(программирование), сохранение программы и ее воспроизведение (считывание информации и передачу управляющих сигналов исполнительным органам ПР).

Информационная система – совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих технических средств, обеспечивающих получение, преобразование, обработку и передачу информации о состоянии ПР и внешней среды.

В зависимости от выполняемых функций ПР подразделяются на подъемно-транспортные (вспомогательные), производственные (технологические) и универсальные.

Подъемно-транспортный ПР предназначен для выполнения вспомогательных переходов или операций перемещения; выполняет действия типа взять-положить при обслуживании основного технологического оборудования на операциях транспортирования, установки заготовок и снятия деталей, инструмента и приспособлений, очистке баз деталей и оборудования, а также на транспортно-складских операциях.

Производственный (технологический) ПР предназначен для выполнения технологических операций и переходов; он непосредственно участвует в технологическом процессе в качестве производящей или обрабатывающей машины, выполняющей основные технологические операции (гибку, сварку, окраску, сборку и т. п.).

Универсальный ПР может выполнять функции подъемно-транспортного (вспомогательного) и производственного (технологического) промышленных роботов.

Тема 10: Технология изготовления типовых деталей.

1. Особенности конструкции и обработки корпусных деталей.

Корпусные детали в большинстве случаев являются базовыми деталями, на которые монтируются отдельные сборочные единицы. К ним относятся корпуса коробок передач, редукторов, блоки цилиндров, картеры и др. Для корпусных деталей характерно наличие точно обработанных отверстий, скоординированных между собой относительно базовых поверхностей.

Корпусные детали при всем многообразии конструкций можно разделить на две основные разновидности – призматические и фланцевые. Корпуса призматического типа, например корпус коробки передач или блок цилиндров двигателя, характеризуются большими наружными поверхностями и расположением отверстий на нескольких осях. У корпусов фланцевого типа базовыми поверхностями служат торцовые поверхности основных отверстий и поверхности центрирующих выступов или выточек.

Корпусные детали выполняют литыми из серого чугуна и реже – из стали. Материалом для изготовления корпусных деталей обычно служат серый чугун марок СЧ24; СЧ15; ковкий чугун КЧ35-10 или алюминиевые сплавы марок АЛ4, АЛ6, АЛ9.

Корпусные детали ввиду их конструктивной сложности, как правило, изготавливают в виде отливок литьем в песчаные и металлические формы или литьем под давлением. Отливки должны обеспечивать герметичность корпуса.

Твёрдость отливок из серого чугуна должна быть 160...240 НВ, а отливок из алюминиевых сплавов – 50...70 НВ. При изготовлении отливок большое значение придается их качеству. До отправки в механический цех у отливок удаляют литники и прибыли, термической обработкой снимают внутренние напряжения, очищают поверхность, контролируют размеры, качество поверхности, твердость и др.

Для корпусных деталей характерно наличие базовых поверхностей, а также основных и крепежных отверстий. Базовые поверхности корпуса стыкуются с другими узлами или агрегатами автомобиля.

Основные отверстия предназначены для монтажа опор валов. Точность диаметральных размеров основных отверстий соответствует 7 квалитету, реже — 8 квалитету, шероховатость поверхности $R_a = 2,5...0,63$ мкм. Межосевые расстояния основных отверстий выдерживают согласно стандарту с допусками, обеспечивающими необходимую точность работы зубчатых и червячных передач (обычно 8 степень точности).

Отклонение отверстий от соосности устанавливают в пределах половины допуска на диаметр меньшего отверстия. Отклонение от параллельности осей отверстий допускается 0,02...0,05 мм на 100 мм длины. Отклонение от перпендикулярности торцовых поверхностей к осям отверстий допускается 0,02...0,05 мм на 100 мм радиуса. Базовые поверхности обрабатывают с допускаемыми отклонениями от прямолинейности на 0,05...0,2 мм по всей длине и с шероховатостью 4,0...0,63 мкм.

Базирование корпусных деталей выполняют с учетом их конструктивных форм и технологии изготовления. Рассмотрим наиболее распространенные схемы базирования. Наиболее надежными и простыми технологическими базами при обработке корпусных деталей являются одна из плоскостей наибольшей протяженности и два отверстия, расположенные по диагонали на этой плоскости и как можно дальше удаленные друг от друга, что обеспечивает точное ориентирование деталей.

Схема базирования по поверхности и двум отверстиям диаметром 15...20 мм, выполненным с точностью по 7 квалитету, показана на рисунке 10.1.

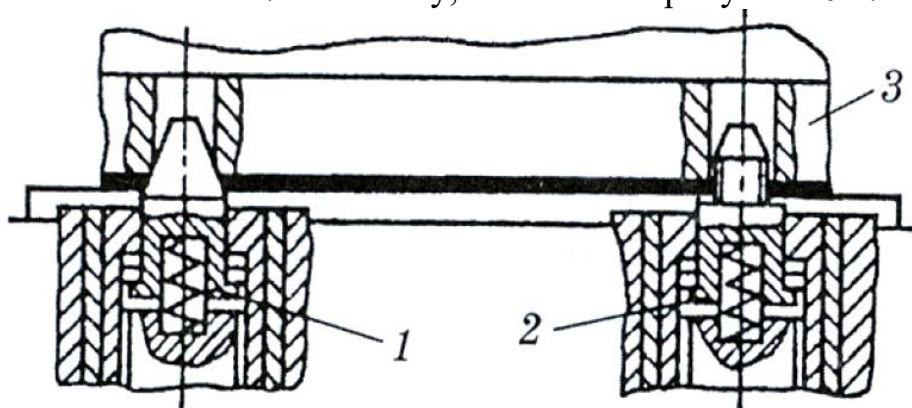


Рисунок 10.1 – Схема установки корпусной детали: 1 – подпружиненный цилиндрический палец; 2 – ромбический палец; 3 – деталь

Эти отверстия являются вспомогательными базами, в которые входят установочные пальцы приспособления. Деталь 3 устанавливается по плоской поверхности и ориентируется в осевом направлении двумя подпружиненными пальцами – цилиндрическим 1 и ромбическим 2. Ромбический фиксатор применяют

для компенсации допустимых отклонений размера между осями отверстий обрабатываемой детали и зазоров между отверстиями и фиксаторами. Заготовки деталей фланцевого типа базируют по торцу фланца и точно обработанной поверхности буртика.

Вместо поверхности буртика в качестве базы может быть принята поверхность основного отверстия (рисунок 10.2).

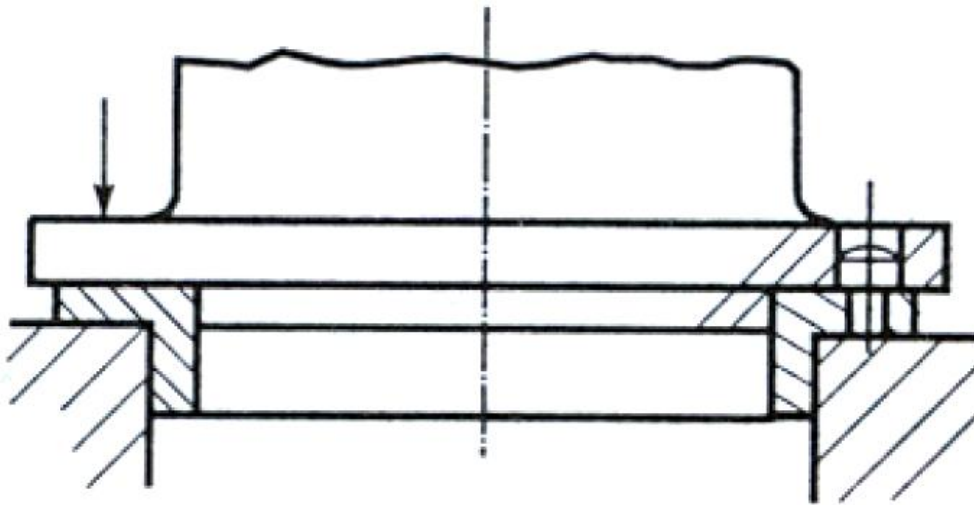


Рисунок 10.2 – Схема базирования деталей фланцевого типа

Если конфигурация корпуса не позволяет эффективно использовать его поверхности для базирования, то обработку целесообразно выполнять в приспособлении-спутнике. При установке заготовки в спутнике могут быть использованы черновые или искусственно созданные вспомогательные базовые поверхности, причем заготовка обрабатывается на различных операциях при постоянной установке в приспособлении, но положение самого приспособления на разных операциях меняется.

Технологические процессы изготовления корпусных деталей различных автомобилей имеют общую последовательность выполнения операций механической обработки. Однако содержание и построение технологического процесса отдельных деталей могут иметь отличия, которые зависят от конструктивной формы, размеров, вида заготовки, технических требований на их изготовление.

Типовой маршрут изготовления корпусной детали можно представить в виде следующей последовательности:

- обработка базовых и сопрягаемых поверхностей;
- фрезерование или протягивание других ответственных поверхностей;
- черновое и чистовое растачивание основных отверстий;
- сверление, зенкерование, нарезание резьбы, развертывание второстепенных отверстий;
- тонкое растачивание или хонингование точных отверстий;
- окончательная обработка поверхностей, обеспечивающая высокую точность размеров и точное взаимное пространственное расположение поверхностей.

Кроме перечисленных операций в технологический процесс могут входить запрессовка направляющих втулок, сборка сопрягаемых деталей и их последующая совместная обработка, мойка, а также автоматический контроль размеров.

2. Особенности конструкции валов.

Конструкции валов обычно имеют сложную форму и представляют собой сочетания гладких шеек, резьб, фланцев, зубчатых венцов и т. д. Осевые отверстия после обработки могут быть гладкими, ступенчатыми или фасонной формы. Некоторые валы имеют радиальные отверстия для смазывания трущихся поверхностей.

Наибольшее распространение получили ступенчатые валы. При переходе от одной ступени к другой они имеют канавки или переходные поверхности. К валам предъявляются высокие требования по геометрической форме и взаимному расположению отдельных поверхностей. Некоторые валы должны быть динамически сбалансированы. Дисбаланс валов не должен превышать 10...40 г·см.

Для повышения износостойкости рабочих поверхностей валы подвергают термической обработке. При изготовлении валов из низкоуглеродистых сталей их цементируют или нитроцементируют на глубину 0,7...1,2 мм и после закалки и отпуска получают твердость рабочих поверхностей 60... 65 HRC.

Термическая обработка валов, изготавливаемых из высокоуглеродистых сталей, заключается в объемной или поверхностной закалке с последующим низким отпуском.

Валы в основном изготавливают из конструкционных и легированных сталей: 40, 45, 35X, 40X, 25XГМ, 20XГНМ, 19XГН, 15XГНТ2А.

Метод изготовления заготовок выбирают исходя из трудоемкости и их последующей механической обработки. Предпочтительными являются методы, позволяющие получать заготовки, приближающиеся по форме, размерам и массе к готовой детали.

Прогрессивные методы изготовления заготовок валов (штамповка в закрытых штампах, высадка на горизонтально-ковочных машинах, поперечно-винтовая прокатка, объемная холодная штамповка и др.) позволяют получить коэффициент использования материала 0,7 и выше.

Заготовки гладких и ступенчатых валов с небольшим перепадом ступеней изготавливают из горячекатаного или калиброванного проката. Штампуют заготовки на прессах или на горизонтально-ковочных машинах. Штамповочные уклоны для наружных поверхностей должны быть в пределах 3...70°, а для внутренних – 10... 15°.

После пластического деформирования для снятия внутренних напряжений производят термическую обработку заготовок валов: для низкоуглеродистых сталей – нормализацию, для стали 35X – отжиг, для сталей 45, 40X – улучшение.

Заготовки чугунных валов изготавливают литьем в оболочковые формы, позволяющие получать их с высокой точностью размеров.

3. Типовые технологические процессы обработки валов.

Несмотря на большое разнообразие размеров и конструктивных форм, валы обрабатываются по единой технологической схеме. Типичными установочными базами являются центровые конусные отверстия. На некоторых операциях обработки при воздействии значительных сил резания (фрезерование плоскостей, сверление

радиальных отверстий) в качестве установочных баз используют обработанные шейки.

В зависимости от конструкций валов технологический процесс их изготовления может отличаться только последовательностью обработки или введением дополнительных операций.

Типовой процесс обработки валов автомобилей можно представить в виде такой последовательности технологических операций:

- подготовка технологических баз (подрезание торцов и центрирование);
- черновая токарная обработка концов вала, подрезание торцов и уступов;
- чистовая токарная обработка (производится в той же последовательности, что и черновая);
- черновое шлифование шеек вала, служащих дополнительными базами при фрезеровании, сверлении, растачивании отверстий на одном из концов вала;
- правка вала при обработке нежестких деталей;
- черновая и чистовая обработка фасонных поверхностей (нарезание шлицев, зубчатых венцов, фрезерование кулачков и др.);
- выполнение второстепенных операций (сверление и развертывание отверстий, нарезание резьбы, фрезерование лысок, шпоночных канавок);
- термическая обработка (всей детали или отдельных её поверхностей);
- правка вала;
- черновое и чистовое шлифование наружных поверхностей, торцов отверстий;
- финишная обработка рабочих поверхностей.

Оборудование для выполнения типового процесса может быть различным, но порядок и характер операций при обработке валов сохраняются.

Рассмотрим отдельные операции обработки ступенчатых валов.

Подрезание торцов и центрирование – это первые технологические переходы при изготовлении ступенчатых валов, они служат для подготовки технологических баз. В зависимости от масштаба выпуска валов эти переходы можно выполнять с применением различного оборудования.

В серийном производстве обработку ведут на фрезерно-центровальных полуавтоматах с установкой заготовки по наружному диаметру в призмах и базированием в осевом направлении по упору. Подрезку торцов выполняют раздельно от центрирования на продольно-фрезерных или горизонтально-фрезерных станках, а центрирование — на одностороннем или двустороннем центровальном станке.

В массовом производстве для фрезерования торцов и центрирования применяют станки барабанного типа (рисунок 10.3). Установка детали производится по черновым поверхностям на две самоцентрирующие призмы с осевой фиксацией упором 3 по торцу головки. Подрезка торцов с одновременным сверлением центровых отверстий выполняется головками 1 и 2, оснащенными комбинированным инструментом. В единичном производстве подрезку торцов и центрирование ведут в основном на универсальных токарных станках.

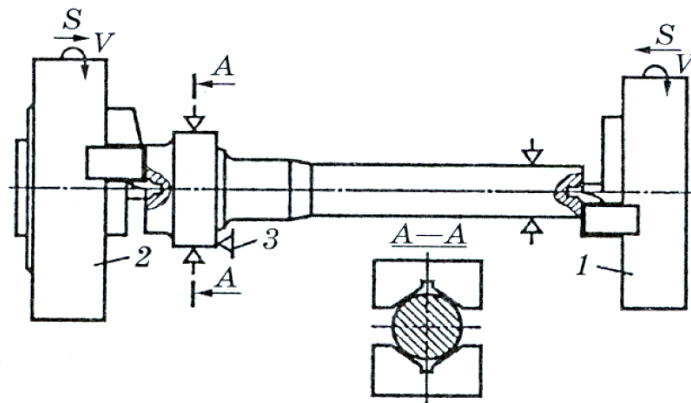


Рисунок 10.3 – Схема обработки технологических баз

Обтачивание валов в зависимости от объема выпуска выполняют на обычных токарных станках с программным управлением или на станках, оснащенных гидроконтрольным суппортом, на копировальных токарных станках, а также на станках с многолезцовыми головками.

Проектируя операцию, важно правильно разместить резцы (рисунок 10.4).

Схема обтачивания валов, приведенная на рисунок 10.4, а, позволяет каждую ступень вала обрабатывать одним резцом; продольный ход суппорта определяется длиной наибольшей ступени, обтачиваемой резцом 1, а резцы 2 и 3 совершают вспомогательный ход.

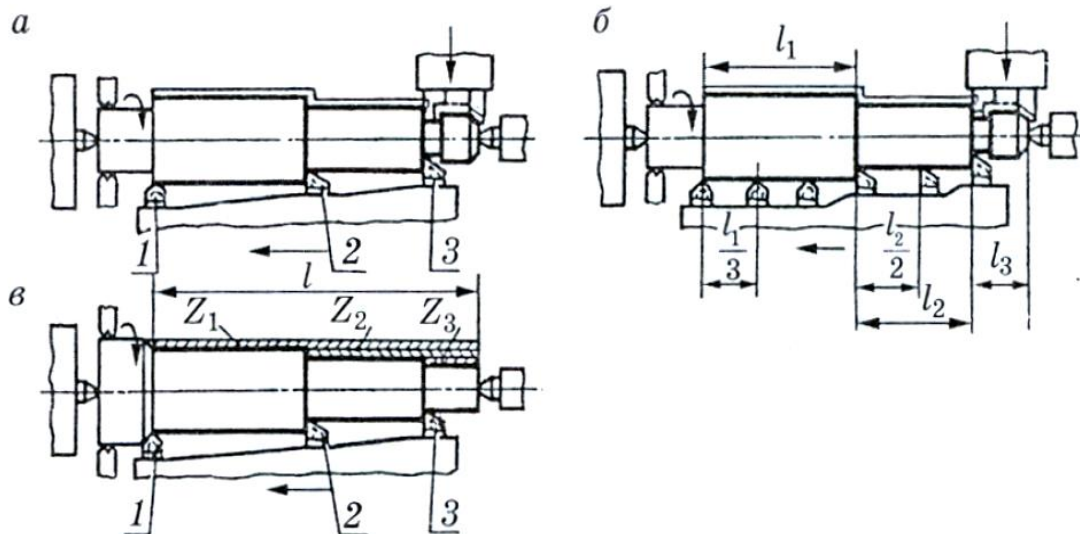


Рисунок 10.4 – Схемы обтачивания валов

При наладке станка по наименьшей ступени 13 (рисунок 10.4, б) ход суппорта будет равен длине этой ступени. В этом случае для обтачивания других ступеней устанавливают по несколько резцов. Второй вариант более производителен, но его недостатком является появление уступов при обтачивании ступени несколькими резцами (из-за неточности установки резцов на размер и разной интенсивности их изнашивания). Установку резцов производят по эталонной детали или вне станка, применяя сменные блоки.

Если ступенчатый вал изготавливают из проката, то при точении ступеней с меньшим диаметром возможны недопустимо большие глубины резания. В этом случае применяют метод деления припуска. Одним из вариантов может быть

удаление резцами 1, 2 и 3 (рисунок 10.4, в) частей припуска Z_1 , Z_2 и Z_3 . При этом варианте продольный суппорт перемещается на всю длину I обрабатываемых ступеней.

Обработка валов на станках с многолезцовой головкой требует относительно длительной их наладки, поэтому данный метод применяют в серийном и массовом производстве.

На рисунке 10.5 показана схема обтачивания вала на многолезцовом станке.

Черновая обработка контура и чистовое обтачивание хвостовика вала осуществляются резцом 3. Резцами 2 и 9 подрезают торцовые поверхности головки вала, а резцом 8 прорезают канавку под стопорное кольцо. Резец 5 служит для чистовой обточки поверхности под шлицы. Стрелками обозначены направления перемещения резцов.

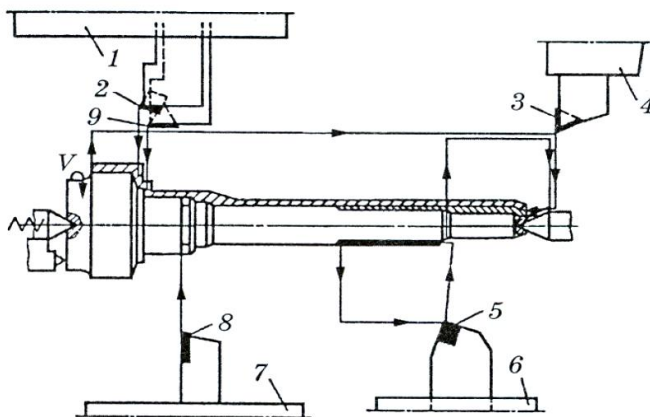


Рисунок 10.5 – Схема обтачивания вала на многолезцовом станке: 1, 4, 6, 7 – каретки; 2, 3, 5, 8, 9 – резцы

Для обработки ступенчатых валов широко используют одношпиндельные копировальные полуавтоматы. Схема обработки ступенчатого вала (рисунок 10.6) на копировальном полуавтомате следующая: продольный суппорт обтачивает вал по копиру 2, а поперечный образует выточки. Поперечным суппортом можно выполнять и подрезку торцов.

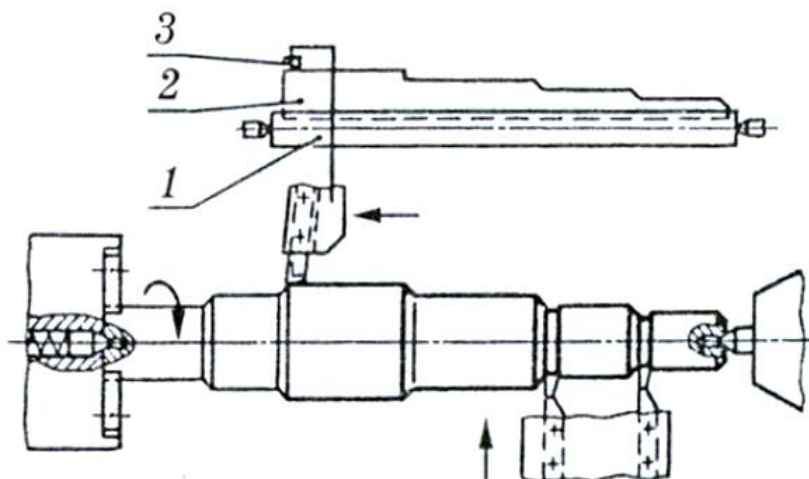


Рисунок 10.6 – Схема обработки ступенчатого вала на копировальном полуавтомате: 1 – барабан; 2 – копир; 3 – щуп

Обработка валов на копировальных станках по сравнению с многолезцовым обтачиванием снижает время для технологической наладки инструмента в 2...3 раза, обеспечивает при чистовом точении точность, соответствующую 9 качеству (вместо

11-го при многорезцовом обтачивании), повышает качество обработанной поверхности (отсутствуют уступы, характерные при обработке на станках с многорезцовой головкой).

На токарных копировальных полуавтоматах выполняют черновую и чистовую обработку валов. Эти станки применяют в серийном производстве, где они повышают производительность по сравнению с использованием обычных токарных станков в два раза и более. При обточке валов с числом ступеней более четырех полуавтоматы работают эффективно при размере партии в 10...15 деталей.

В массовом и крупносерийном производстве широко используют многошпиндельные многорезцовые полуавтоматы. При изготовлении валов небольшого диаметра длиной до 150...200 мм применяют токарные автоматы.

В мелкосерийном производстве эффективны токарные станки с гидросуппортами, а также станки с программным управлением.

Шлицевые поверхности на валах обрабатывают обкатыванием червячной фрезой на шлицефрезерных или зуборезных станках. При диаметре вала более 80 мм шлицы фрезеруют за два рабочих хода. У закаливаемых валов, центрируемых по наружной поверхности, обработка шлицев включает следующие операции: шлифование наружной поверхности; фрезерование шлицев с припуском на шлифование боковых поверхностей; термическую обработку; наружное шлифование; шлифование боковых поверхностей шлицев, которое выполняется на шлицешлифовальном полуавтомате одновременно двумя кругами с применением делительного механизма для поворота заготовки. У незакаливаемых валов обработка шлицев состоит только из двух операций: наружного шлифования цилиндрической поверхности и фрезерования шлицев. Если шлицевое соединение центрируется по поверхности внутреннего диаметра, то последовательность операций до термообработки остается той же. После термической обработки выполняется шлифование боковых поверхностей шлицев и шлифование внутренних поверхностей по диаметру. В этом случае шлицы шлифуют либо профильным кругом одновременно по боковым поверхностям и дну впадины, либо в две операции: шлифование двумя кругами боковых поверхностей, а затем шлифование внутренней поверхности кругом, заправленным по дуге. Шлифование одним профильным кругом дает лучшие результаты по точности и производительности.

Имеются более производительные методы: обработка шлицев на шлицестрогальных и шлицепротяжных станках, а также образование эвольвентных шлицев методом пластического деформирования с помощью накатывания. Накатыванию подвергают валы с твердостью не более 220 НВ при модуле шлицев не выше 2,5 мм. Накатанные шлицы повышают износостойкость вала.

Шпоночные пазы в зависимости от их конструкции выполняют дисковой фрезой (если паз сквозной) или торцовой (пальцевой) фрезой, если паз глухой. Вал устанавливают в центрах или по наружной поверхности на призмы приспособления. При установке вала на призмы появляется погрешность базирования, влияющая на точность глубины паза.

Шпоночные пазы выполняют на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках. В серийном и массовом производстве для получения глухих шпоночных пазов применяют шпоночно-фрезерные полуавтоматы, работающие "маятниковым" методом: двухзубая пальцевая фреза за один рабочий ход подается на глубину 0,2...0,3 мм и фрезерует паз на всю длину, затем вновь подается на эту же глубину и

фрезерует паз в другом направлении и так до получения полной глубины паза. В крупносерийном и массовом производстве фрезеровать пазы целесообразно с применением многоместных приспособлений комплектом фрез.

Резьбу на внутренних поверхностях валов нарезают машинными метчиками на сверлильных, револьверных и резбонарезных станках в зависимости от типа производства. Наружные резьбы нарезают резцами, гребенками, плашками, а также получают фрезерованием, вихревым методом, накатыванием. В мелкосерийном и единичном производстве наружные резьбы выполняют на токарно-винторезных станках с применением резьбовых резцов или гребенок, обеспечивая 6...8 степени точности. Резьбы 4 степени точности нарезают на прецизионных токарно-винторезных станках.

Нарезание резьбы плашками и резбонарезными головками выполняют на револьверных, токарных и болторезных станках, а также на токарно-револьверных автоматах. В серийном и мелкосерийном производстве нарезают резьбы плашками при требованиях точности к резьбе не выше 7 степени. В серийном и массовом производстве резьбы нарезают резбонарезными головками, обеспечивающими повышение производительности в 2...4 раза по сравнению с нарезанием плашками и повышение точности резьбы до 6 степени.

При нарезании коротких остроугольных резьб широкое распространение получило фрезерование гребенчатой групповой фрезой на резьбофрезерных станках, причем ось фрезы устанавливается параллельно оси нарезаемой детали. При фрезеровании, кроме вращения фрезы и медленного вращения детали, необходимо обеспечить осевое перемещение фрезерной головки на шаг резьбы за один оборот детали. В крупносерийном и массовом производстве резьбы выполняют накатыванием, при этом получают резьбу 6 степени точности. Накатывание резьбы производительнее нарезания ее резьбовыми головками.

Если вал не подвергается закалке, то резьбу нарезают после окончательного шлифования шеек, что устраняет опасность повреждения резьбы в процессе передачи вала на другую операцию. На закаливаемых шейках резьбу выполняют до термообработки.

Мелкие резьбы у термообрабатываемых валов получают сразу на резьбошлифовальных станках.

Валы шлифуют на круглошлифовальных и бесцентро-вошлифовальных станках. Для получения точности, соответствующей 6 качеству, шлифуют в две операции (два перехода). При обработке валов на круглошлифовальных станках технологической базой являются центровые отверстия на торцах заготовки. От качества центровых отверстий зависит точность обработки, поэтому перед шлифованием центровые отверстия подвергают исправлению путем шлифования конусным кругом. При шлифовании наиболее распространены два метода — осциллирующее шлифование (рисунок 10.7, а), применяемое при обработке поверхностей значительной протяженности, и врезное шлифование (рисунок 10.7, б), применяемое при обработке коротких шеек. В серийном и массовом производстве врезное шлифование часто выполняется по автоматическому циклу, что обеспечивает лучшее качество обработки и повышает производительность.

В тех случаях, когда необходимо достигнуть точности размеров, соответствующей 5 или 6 качеству и шероховатости поверхности $R_a = 0,1$ мкм и меньше, после чистовой шлифовальной операции шейки вала подвергают доводке.

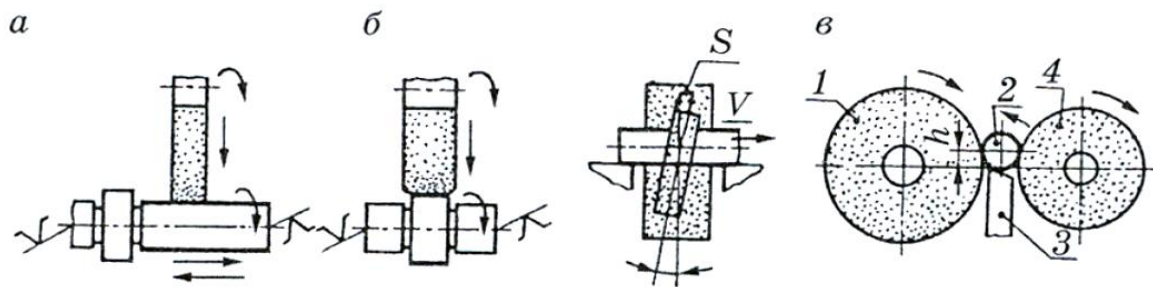


Рисунок 10.7 – Схемы шлифования валов: 1 – шлифовальный круг; 2 – обрабатываемая заготовка; 3 – нож; 4 – ведущий круг

При шлифовании размеры деталей часто контролируют в процессе обработки без остановки станка, что повышает производительность. Используют также измерительные средства активного контроля, которые автоматически выключают поперечную подачу при достижении заданного размера.

Схема бесцентрового шлифования показана на рисунок 10.7, в. Заготовка располагается выше осевой линии шлифовальных кругов на размер h . Подача заготовки 2 вдоль оси осуществляется путем поворота ведущего круга 4 на угол $1...4,5^\circ$. Благодаря этому наклону ведущий круг сообщает заготовке посредством силы трения движение подачи. Бесцентровое шлифование выполняют как с продольной подачей (рисунок 10.7, в), так и с поперечной подачей (врезанием). Если вал гладкий, то применяют шлифование с продольной подачей на проход; если же ступенчатый — шлифуют с продольной подачей до упора. Врезным бесцентровым шлифованием обрабатывают короткие буртики. Бесцентровое шлифование применяют при обработке небольших валов, при этом обеспечивается точность, соответствующая 6...8 квалитетам. Этот метод по точности несколько уступает шлифованию на круглошлифовальных станках.

Из шлифовальных операций большой интерес представляет одновременная обработка нескольких поверхностей. Шлифование выполняется широким кругом, расположенным под углом к оси детали (рисунок 10.8). Профиль круга обеспечивается его правкой алмазным роликом.

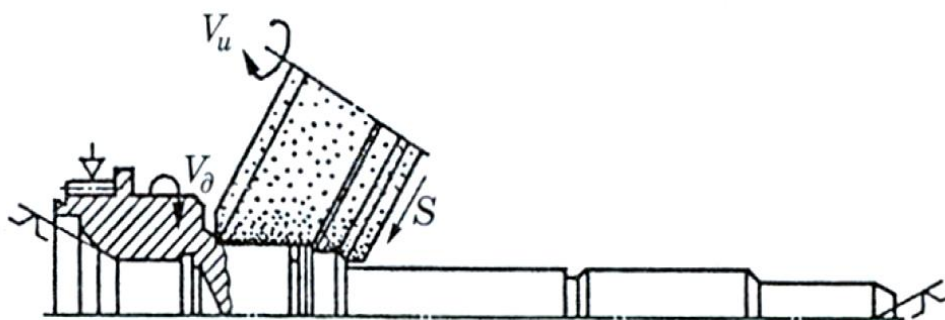


Рисунок 10.8 – Схема одновременного шлифования пяти поверхностей детали шлифовальным кругом

При изготовлении штоков гидроузлов для окончательной обработки применяют обкатывание поверхности роликами. В результате пластического деформирования улучшается качество поверхности, упрочняется поверхностный слой, повышается износостойкость.

Валы контролируют (диаметральные размеры, длину ступеней, размеры резьб, шлицев, шпоночных пазов) с помощью предельных скоб, резьбовых и шлицевых колец. Шероховатость поверхности контролируют преимущественно сравнением с эталонами.

Для проверки отклонения от соосности шеек ступенчатый вал укладывают базовыми шейками на призмы контрольного приспособления и индикатором касаются поверхности контролируемой шейки. Поворачивая вал вокруг оси, определяют биение шейки по разности показаний индикатора.

Отклонение от параллельности шлицев или шпоночного паза и оси вала устанавливают по разности показаний индикатора в двух крайних положениях, базируя вал на призмах или в центрах.

В крупносерийном и массовом производстве контроль валов производят многомерными приборами с индикаторами или электроконтактными датчиками.

4. Требования к зубчатым колесам.

Зубчатые колеса являются наиболее массовыми и характерными деталями автомобиля. С повышением требований к надежности автомобилей возрастают и требования к точности и качеству обработки зубчатых колес. Поэтому по ряду геометрических параметров их изготавливают с высокой степенью точности и параметрами шероховатости рабочей поверхности профиля зубьев $R_a = 0,32 \dots 3,25$ мкм.

В зубчатых передачах автомобилей применяются в основном цилиндрические зубчатые колеса, обладающие высоким КПД и надежностью в эксплуатации.

Для цилиндрических зубчатых колес стандартом установлены 12 степеней точности. В автомобильной промышленности в основном применяются зубчатые колеса 7 и 8 степеней точности.

В зависимости от окружной скорости колеса предусматриваются разные степени точности и параметры шероховатости R_a обработанных зубьев колес, которые приведены в таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Рекомендуемые параметры шероховатости и точности

Окружная скорость, м/с	Степень точности	Шероховатость R_a , мкм
до 2,5	8	2,5...1,25
2,5...6,0	7, 8	0,63...2,5
6,0...16,0	6, 7	0,63...1,25
16,0...40,0	5, 6	0,32...1,25

Особенно высокие требования к точности устанавливаются при обработке центральных посадочных отверстий в зубчатых колесах и других базовых поверхностях (таблица 10.2).

Таблица 10.2 – Точность геометрических размеров базовых поверхностей цилиндрических колёс

Параметр	Номинальный диаметр заготовки, мм			
	до 25	25...100	100...200	200...300
Допуск на диаметр отверстия, мм	0,008...	0,013...	0,020...	0,025...
Отклонение диаметра отверстия, мкм	0,015	0,025	0,030	0,038
Допуск на наружный диаметр, мкм	5...8	8...13	10...15	13...18
Конусность отверстия на длине 25 мм, мкм	108	130	130	130
Радиальное биение, мкм	5... 8	5... 8	5...8	5 ...8
Торцовое биение, мкм	80	130	130	130
Отклонение от параллельности торцов (не более), мкм	8...13	10...20	15...30	25...50
	10...25	10...25	10...25	10...25

Твердость рабочих поверхностей зубьев цементованных силовых зубчатых колес должна быть не ниже 50...63 HRC.

Глубина цементации 1,1...2,0 мм. Твердость остальных поверхностей 180...270 НВ.

Качество зубчатых колес оценивается также по параметрам бесшумной работы и контактной прочности зубьев. Уровень шума автомобильных зубчатых передач средних размеров при окружной скорости вращения 10... 12 м/с не должен превышать 80...85 дБ.

5. Материалы для изготовления зубчатых колес и методы получения заготовок.

Основными эксплуатационными свойствами зубчатых колес являются высокая прочность, износостойкость и долговечность. Поэтому материал для изготовления зубчатых колес необходимо выбирать в зависимости от их назначения, условий эксплуатации и передаваемых ими нагрузок.

Для изготовления цилиндрических зубчатых колес автомобилей применяются как углеродистые стали (40, 45, 50), так и хромистые (20Х, 40Х, 50Х), высоколегированные хромоникелевые стали (12ХН3А, 12Х2Н4А, 20ХН, 40ХН, 20ХН4А), хромомарганцевотитанистые стали (18ХГТ, 30ХГТ), хромомолибденовые (20ХМ), хромомолибденоалюминиевые (38ХМЮА), хромомарганцевоникелевые с титаном и бором (20ХНТР) и др.

В связи с малым содержанием углерода поверхностный слой зубчатых колес, изготовленных из легированных сталей, подвергается цементации и нитроцементации, а из среднеуглеродистых – азотированию.

Кроме того, материал для изготовления зубчатых колес должен хорошо обрабатываться резанием, обладать незначительными деформациями при термообработке, низкой стоимостью. Стоимость материала для зубчатых колес массового производства обычно составляет 50... 55 % общей стоимости зубчатого колеса.

Расход металла на изготовление зубчатого колеса и трудоемкость его изготовления в значительной степени зависят от метода получения заготовки.

Получение заготовок. Для получения заготовок цилиндрических зубчатых колес на автомобильных заводах наиболее распространенными методами являются горячая объемная штамповка на кривошипных штамповочных прессах, механических ковочных прессах и горизонтально-ковочных машинах, спекание из порошковых материалов в закрытых штампах.

Технологический процесс получения заготовок должен обеспечивать мелкозернистую структуру и расположение волокон металла по профилю зубьев. Форма и размеры заготовки должны максимально приближаться к форме и размерам готовой детали, что во многом определяет структуру и трудоемкость технологического процесса обработки резанием.

Прогрессивным способом получения зубьев в заготовках зубчатых колес, применяемым в промышленности, является обработка методом пластического деформирования или так называемая накатка зуба. Этот процесс ведут на специальных станках с применением скоростного нагрева заготовки ТВЧ до температуры 1100... 1150°. Технология получения заготовок с формообразованием зубьев снижает расход металла, уменьшает трудоемкость механической обработки и повышает эксплуатационные свойства зубчатых колес (прочность зубьев повышается на 15...35%).

6. Типовая схема технологического процесса изготовления зубчатых колёс.

Технологический процесс изготовления зубчатых колес зависит от ряда факторов, основными из которых являются:

- конструктивная форма и назначение зубчатого колеса, определяющие выбор оборудования и способ базирования при механической обработке;
- материал колеса, влияющий на режим обработки и методы получения заготовки;
- способ получения заготовки;
- требуемая термическая обработка;
- форма зуба и расположение зубчатого венца, предопределяющие выбор метода зубообработки изготавливаемой детали;
- способ нарезания зубьев;
- точность выполнения отдельных элементов;
- число зубчатых венцов на блоке шестерен и их расположение, которые влияют на число операций зубообработки и их характер.

Типовой технологический процесс изготовления цилиндрических зубчатых колес состоит из следующих операций:

1) черновая и чистовая токарная обработка торца и отверстия и черновая обработка свободной части наружной цилиндрической поверхности. Установочными

черновыми базами при этом являются один торец и наружная цилиндрическая поверхность заготовки.

Постоянными технологическими базами для всей последующей обработки являются обработанный торец и внутренняя или наружная цилиндрическая поверхность, обработанная на первой операции.

2) черновая и чистовая токарная обработка детали по наружному контуру на одношпиндельном многорезцовом полуавтомате при базировании по внутреннему отверстию и обработанному торцу.

3) второстепенные операции при необходимости сверления и развертывания мелких отверстий, фрезерования небольших поверхностей, протягивания шпоночных пазов и др.

4) черновое нарезание зубьев при базировании заготовки по отверстию и торцу.

5) мелкие операции, связанные с нарезанием зубьев (закругление зубьев, сверление смазочных отверстий, зачистка острых кромок и пр.).

6) чистовое нарезание зубьев колес (шевингование зубьев) при базировании по отверстию и торцу.

7) термообработка деталей.

8) чистовая обработка центрального отверстия и базовых торцов.

9) чистовая отделка зубьев зубчатых колес.

В крупносерийном и массовом производстве зубчатые колеса обрабатываются на автоматических линиях, оснащенных серийными станками, в которых предусмотрена автоматическая загрузка заготовок. Применение таких станков позволяет быстро переналаживать их на обработку однотипных деталей.

7. Методы нарезания зубьев цилиндрических зубчатых колёс.

Основной и наиболее трудоемкой операцией при изготовлении зубчатых колес является зубонарезание. В автомобильной промышленности, как и в других видах машиностроения, применяются два метода нарезания зубьев: метод копирования и метод обкатки.

Зубонарезание по методу копирования может производиться следующими способами:

- нарезание зубьев дисковыми модульными фрезами;
- долбление фасонными резцами;
- протягивание фрезопротяжками и кругодиагональными протяжками.

Зубонарезание по методу обкатки производится червячными фрезами и долблением круглыми долбьями.

Нарезание зубьев дисковыми модульными фрезами. Сущность процесса заключается в последовательном нарезании впадин между зубьями модульными дисковыми фрезами. Режущие кромки зубьев фрезы изготовляют по форме впадины между зубьями колеса, которые в процессе работы копируют свой профиль во впадине. После нарезания одной впадины заготовка при помощи делительного механизма поворачивается на один зуб и фреза нарезает следующую впадину (рисунок 10.9).

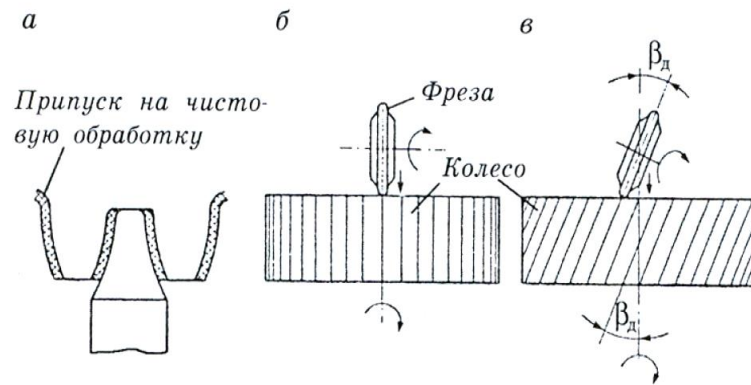


Рисунок 10.9 – Нарезание зубьев модульными дисковыми фрезами: а – профиль зуба фрезы и впадины зубчатого колеса; б – схема нарезания прямозубых колес; в – схема нарезания косозубых колес

Нарезают зубья на универсальных фрезерных и специальных зубофрезерных станках с горизонтальными и вертикальными шпинделями. Дисковые модульные фрезы изготовляют для определенных интервалов чисел зубьев и для каждого модуля (наборы дисковых фрез из 8... 15 и 26 шт.).

Метод копирования имеет низкую производительность и невысокую точность, так как из-за неточности механизма делительной головки возникает погрешность окружного шага зубьев нарезаемого колеса. Поэтому применение метода копирования при зубонарезании дисковыми модульными фрезами ограничено. Данный способ применяют в единичном и мелкосерийном производстве при изготовлении неответственных зубчатых передач или для предварительного нарезания зубьев при массовом производстве на многшпиндельных фрезерных станках.

Долбление многорезцовой головкой. Более производительным способом зубонарезания (метод копирования) является контурное долбление многорезцовой головкой (рисунок 10.10).

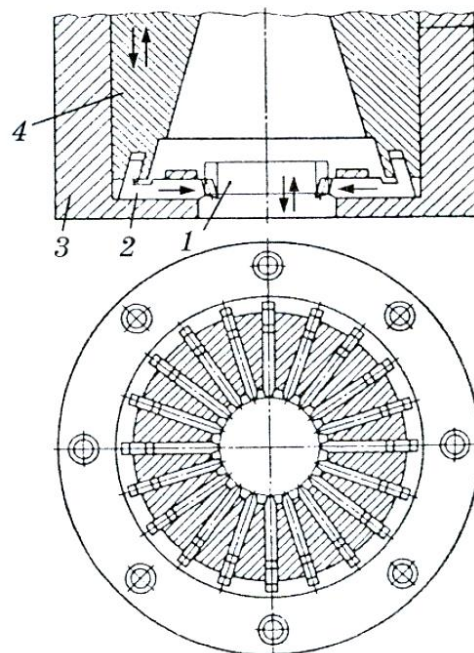


Рисунок 10.10 – Многорезцовая зубодолбежная головка: 1 – обрабатываемое зубчатое колесо; 2 – резцы; 3 – корпус головки; 4 – конусное кольцо

Конструкция многорезцовой головки представляет собой корпус в виде диска с радиально расположенными пазми, в которых устанавливаются резцы 2. Профиль резцов соответствует профилю впадины обрабатываемого зубчатого колеса, а число резцов равно числу впадин. В процессе обработки обрабатываемое зубчатое колесо 1, закрепленное в приспособлении на рабочем шпинделе, совершает возвратно-поступательное движение относительно многорезцовой головки. За каждый двойной ход заготовки резцы перемещаются в радиальном направлении к оси обрабатываемого колеса, осуществляя движение подачи и отвод резцов конусным кольцом 4 для предотвращения трения задней поверхности резцов об обработанную поверхность впадины.

После обработки впадин между зубьями колеса на полную глубину процесс заканчивается и резцы быстро отводятся в исходное положение. Благодаря одновременной работе большого числа резцов достигается высокая производительность. Скорость резания составляет 8... 12 м/мин. Подача резцов на один двойной ход колеса в начале работы 0,8... 1,2 мм/дв.ход, а в конце обработки – 0,04 мм/дв.ход.

Однако точность нарезания зубьев колес многорезцовыми головками невысокая (9 и 10 степени точности). Поэтому данный способ обработки целесообразен в основном для предварительного нарезания зубьев колес. Кроме этого, конструкция головок сложна и требует высокой точности изготовления каждого типоразмера, что ограничивает применение данного способа зубонарезания даже в массовом производстве.

Нарезание зубьев кругодиагональным протягиванием. Наиболее производительным способом нарезания прямых зубьев цилиндрических колес является протягивание кругодиагональной протяжкой. Кругодиагональная протяжка представляет собой круглый диск 1 (рисунок 10.11, а), в пазу которого размещен ползун 2. На диске 1 укреплены черновые режущие сегменты, а на ползуне – чистовые. Во время работы протяжка вращается вокруг своей оси, а ползун дополнительно совершает поступательное прямолинейное движение в направлении его продольной оси, проходящей через ось вращения протяжки, что обеспечивает одинаковую толщину зуба по всей его длине (рисунок 10.11, б). За один оборот протяжки полностью обрабатывается одна впадина между смежными зубьями колеса 3. В процессе нарезания всех зубьев колеса оси протяжки и заготовки неподвижны.

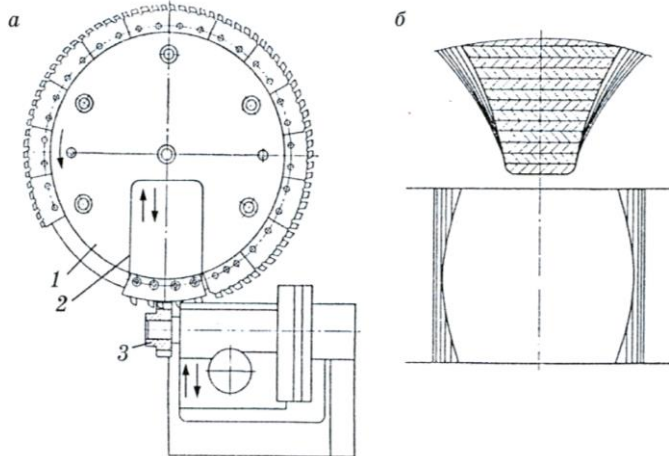


Рисунок 10.11 – Кругодиагональное протягивание зубчатых колес: а – схема станка; 1 – диск протяжки; 2 – ползун; 3 – зубчатое колесо; б – схема резания

При прохождении мимо заготовки свободного от резцов сектора протяжки обрабатываемое колесо поворачивается делительной головкой на один зуб и начинается новый цикл без прекращения вращения протяжки. Скорость резания при нарезании зубьев стальных колес средних модулей составляет 25...35 м/мин. Подача при черновой обработке зубьев составляет 0,06...0,20 мм/зуб, а при чистовой — 0,03...0,06 мм/зуб. Последний или предпоследний зуб для чистовой обработки является калибрующим, что обеспечивает высокую точность зубчатых колес (7, 6 степени точности). Степень шероховатости поверхности соответствует 5, 6 классам ($D_2 = 40...60$ мкм). Производительность процесса кругодиагонального протягивания в 2...3 раза выше, чем при нарезании зубьев червячными фрезами. Время обработки одной впадины зубчатого колеса среднего модуля равно 2...4 с.

Нарезание зубьев фрезопротяжкой. Фрезопротяжка представляет собой диск 1 (рисунок 10.12), на периферии которого расположено несколько секций режущих блоков 2 для черновой и чистовой обработки. Процесс нарезания зубьев фрезопротяжкой совмещает круговое протягивание и фрезерование. Каждый сектор режущего инструмента выполняет определенную функцию при обработке боковых поверхностей зубьев нарезаемого зубчатого колеса 3. В процессе резания сектором С1 фрезопротяжка вращается с равномерной угловой скоростью, а нарезаемое колесо находится в неподвижном положении. За это время прорезается впадина между зубьями на полную глубину. Затем в момент резания сектором С2 нарезаемое колесо перемещается навстречу фрезопротяжке в крайнее левое положение (направление П1). В этом положении при неподвижном обрабатываемом колесе осуществляется радиальное врезание чистового сектора С3. Наконец производится чистовое фрезерование впадины сектором С4 при перемещении обрабатываемого колеса в крайнее правое положение (направление П2). В момент прохождения свободного от резцовых блоков сектора С5 происходит перемещение зубчатого колеса в исходное положение (направление БП) и поворот его на один зуб. При этом зубчатое колесо автоматически отводится от инструмента.

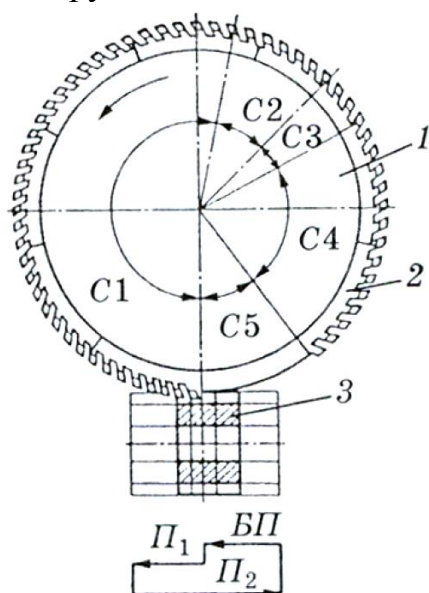


Рисунок 10.12 – Фрезопроотягивание цилиндрических зубчатых колес: 1 – диск фрезопротяжки; 2 – режущие блоки ; 3 – зубчатое колесо

Точность обработки и шероховатость поверхности зубьев колес при нарезании фрезо- и кругодиагональными протяжками одинаковы. Однако производительность

нарезания зубьев фрезепротяжкой на 20...25 % ниже производительности кругодиагонального протягивания.

Станки для нарезания колес фрезепротяжкой и круго-диагональной протяжкой могут выполняться с несколькими делительными головками и компоноваться по типу агрегатных станков.

Нарезание зубьев червячными фрезами. Зубонарезание червячными фрезами производится по методу обкатки, основанному на воспроизведении зацепления зубчатой пары, одной из деталей которой является режущий инструмент, а другой – нарезаемое зубчатое колесо.

Данный способ применяется для изготовления прямозубых и косозубых зубчатых колес, а также для нарезания зубьев червячных зубчатых колес. Метод обкатки обеспечивает высокую точность обработки и производительность вследствие непрерывности процесса резания, поэтому он широко применяется в автомобильной промышленности. Так как зубофрезерование производится обычно пакетом, то при обработке заготовки предъявляются высокие требования к ее базовым поверхностям. Конусность отверстия заготовки на длине 25 мм не должна превышать 5...8 мкм, а отклонение от параллельности торцов – не более 10...25 мкм.

В зависимости от взаиморасположения фрезы и заготовки и направления подачи наибольшее распространение получили способы зубофрезерования, схемы которых приведены на рисунке 10.13.

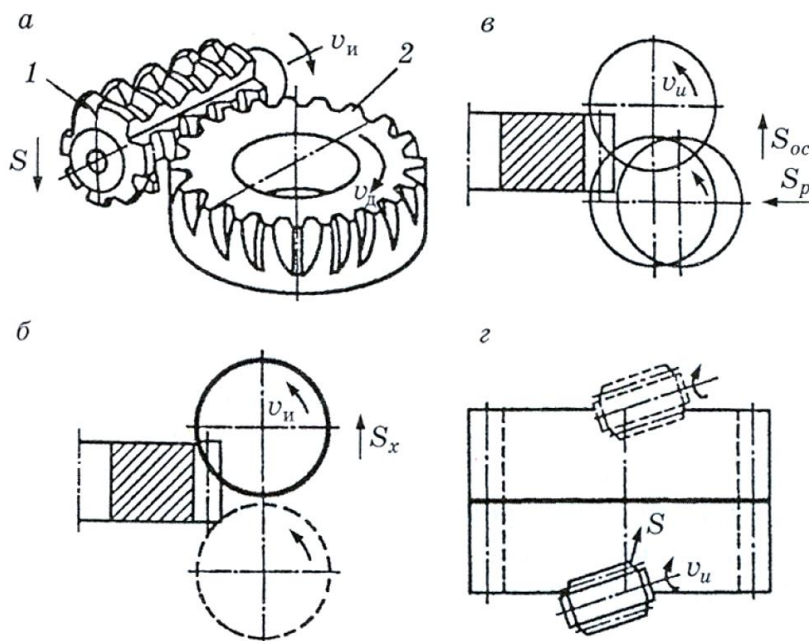


Рисунок 10.13 – Схемы нарезания зубьев червячной фрезой с различными подачами: а – осевой; б – переменнo-осевой; в – радиально-осевой; г – диагональной

Зубофрезерование с осевой подачей (рисунок 10.13, а) производится с предварительной установкой фрезы 1 на полную высоту зуба, движущейся параллельно оси обрабатываемой заготовки 2. Этот способ зубонарезания является универсальным, однако имеет существенный недостаток, так как инструмент перемещается на большую длину до получения полной высоты зуба.

При изготовлении зубчатых колес с модулем зубьев до 5 мм применяют зубофрезерование с переменнo-осевой подачей, когда величина подачи возрастает только при входе и выходе фрезы из зоны резания (рисунок 10.13, б).

Данный способ зубофрезерования позволяет увеличить производительность процесса на 20...35 %, особенно при изготовлении зубчатых колес с большим углом наклона линии зуба относительно оси зубчатого колеса.

При зубонарезании с радиально-осевой подачей (рисунок 10.13, в) в начале процесса резания происходит врезание фрезы на полную глубину зуба, а затем фреза получает осевую подачу. При этом для повышения стойкости инструмента и уменьшения нагрузок, возникающих в процессе резания, соотношение между значениями радиальной и осевой подачи должно быть 1:2 или 1:2,5.

Производительность процесса зубофрезерования при радиально-осевой подаче на 10...15% выше, чем при зубонарезании с осевой подачей фрезы вследствие сокращения времени на врезание.

Зубофрезерование с диагональной подачей (рисунок 10.13, г) осуществляется на специальных зубофрезерных станках при подаче червячной фрезы под углом к оси обрабатываемого зубчатого колеса. При этом осевая подача происходит одновременно с перемещением червячной фрезы вдоль своей оси со скоростью 0,2 мкм за один оборот фрезы. Результирующим движением червячной фрезы является диагональ параллелограмма.

При диагональном зубофрезеровании, в сравнении с осевым, значительно повышается стойкость режущего инструмента вследствие более равномерного износа зубьев по рабочей длине фрезы, обеспечивается более высокое качество поверхности зуба и улучшается сопряжение профилей зубьев прямозубых зубчатых колес.

Способ наиболее эффективен при обработке колес с широким зубчатым венцом и при повышенной твердости материала заготовки. При данном способе зубофрезерования следует применять более длинные червячные фрезы (160...180 мм).

Двухпроходное фрезерование зубчатых колес производится в автоматическом режиме за один установ заготовки. Схема двухпроходного зубофрезерования приведена на рисунок 10.14. Первый (черновой) и второй (чистовой) проходы червячной фрезой осуществляются последовательно один за другим.

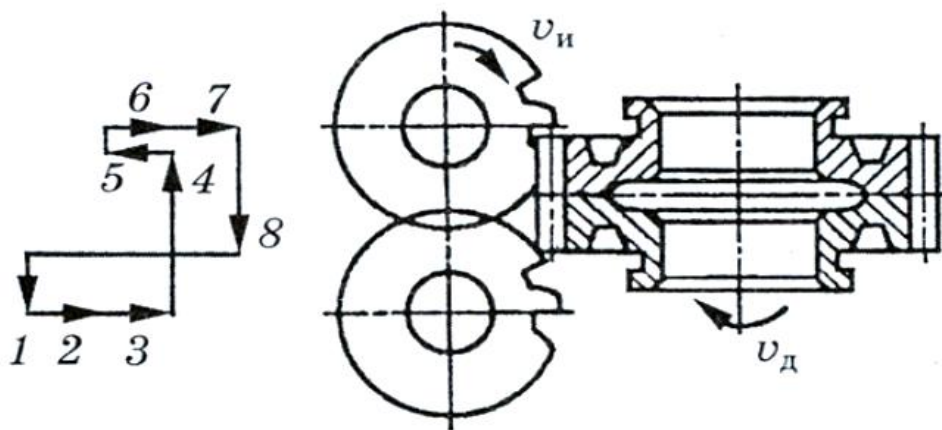


Рисунок 10.14 – Схема двухпроходного зубофрезерования: 1,2 – ускоренный подвод фрезы; 2-3 – медленная подача фрезы; 3-4 – рабочая подача первого прохода; 4-6 – ускоренный отвод и подвод фрезы; 7-8 – рабочая подача второго прохода; 8-1- ускоренный отвод фрезы

Первый проход обычно производится при попутной подаче, а второй — при встречной подаче, причем при чистовом проходе глубина резания составляет 0,5... 1,0 мм. Режимы резания при переходе от чернового к чистовому проходу изменяются

автоматически. На первом проходе скорость резания и подача обусловлены стойкостью режущего инструмента и жесткостью технологической системы. При чистовом проходе, сопровождающемся небольшой глубиной резания, скорость резания и подача инструмента увеличиваются по сравнению с первым проходом. Двухпроходное зубофрезерование рекомендуется применять при изготовлении зубчатых колес с модулем выше 4...5 мм и малым числом зубьев. Способ высокопроизводителен, легко автоматизируется и позволяет получить более высокую точность и стабильность параметров зубьев (7 и 8 степени точности и $R_z = 20...10$ мкм).

При обработке цилиндрических зубчатых колес широкое распространение получили зубофрезерные станки с ЧПУ. Программное обеспечение станка позволяет регулировать подачу инструмента как при рабочем, так и при вспомогательных ходах, что значительно сокращает машинное время обработки.

Нарезание зубьев цилиндрических колес зубодолблением. Зубодолбление круглыми долбьями методом обкатки основано на воспроизведении зацепления пары зубчатых колес, одним колесом которой является обрабатываемая заготовка, а другим — режущий инструмент (круглый долбяк). Долбяк 1 (рис. 15.25) в процессе резания совершает возвратно-поступательное прямолинейное (для прямозубых колес) или винтовое движение (для косозубых зубчатых колес) от специального копира. Кроме того, долбяк совершает вращательное движение вокруг своей оси, как и обрабатываемое зубчатое колесо 2.

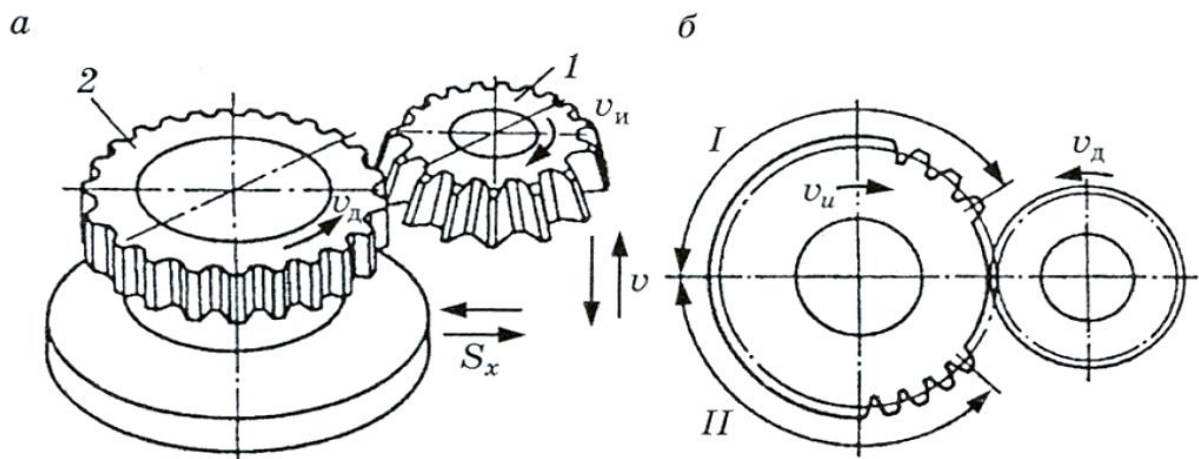


Рисунок 10.15 – Схема нарезания зубьев зубодолблением круглым долбяком: 1 – долбяк; 2 – обрабатываемое зубчатое колесо

Для осуществления процесса обкатки частота вращения инструмента и заготовки определяется равенством:

$$n_d/n_n = z_n/z_d,$$

где n_d и n_n — частота вращения детали и инструмента соответственно, мин^{-1} ;

z_n и z_d — число зубьев детали и инструмента.

Для обработки колеса на полную глубину долбяку сообщается радиальная подача врезания. После каждого рабочего хода обрабатываемая заготовка отводится от долбяка для уменьшения затупления его режущих кромок.

Нарезание зубьев круглым долбяком является единственным способом обработки зубьев внутренних венцов блочных зубчатых колес с близко

расположенными зубчатыми венцами, валов-шестерен с фланцами, нарезание которых червячными фрезами невозможно ввиду отсутствия пространства для выхода фрезы из рабочей зоны. Для выхода долбяка из рабочей зоны в процессе обработки необходима канавка не менее 2 мм.

Дальнейшим развитием метода долбления зубьев явилось применение станков с планетарным долблением нескольких зубчатых колес одним долбяком одновременно.

8. Отделочные методы обработки зубьев зубчатых колес.

Шевингование. В процессе шевингования инструмент (дисковый шевер) и обрабатываемое зубчатое колесо находятся в зацеплении, представляющем собой винтовую передачу со скрещенными осями (рисунок 10.16).

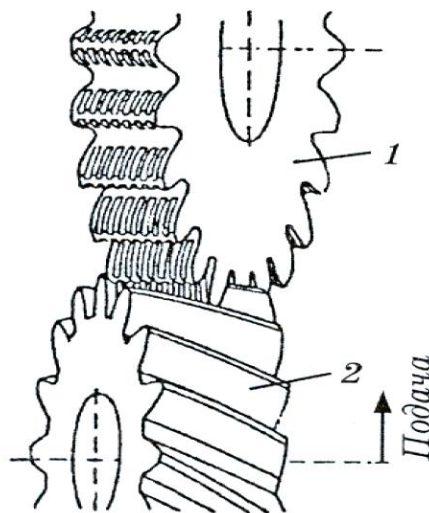


Рисунок 10.16 – Шевингование зубьев зубчатым шевером: 1 – шевер; 2 – обрабатываемое зубчатое колесо

Шевер представляет собой зубчатое колесо, на поверхности зубьев которого имеются мелкие канавки глубиной 0,6...1,0 мм и шириной 0,25 мм. Вследствие скрещивания осей в пределах $5...15^\circ$ при совместном вращении инструмента и обрабатываемого зубчатого колеса между поверхностями их зубьев возникает скольжение, при котором острые кромки канавок зубьев шевера срезают с поверхностей зубьев зубчатого колеса тонкие волосовидные стружки толщиной 1...5 мкм.

В зависимости от ширины обрабатываемого зубчатого венца применяют различные способы шевингования (рисунок 10.17): продольное, диагональное, врезное, касательное (тангенциальное). Продольное шевингование применяют при обработке зубчатых колес с шириной зубчатого венца более 50 мм; диагональное шевингование — для зубчатых венцов с шириной не более 50 мм; врезное или касательное шевингование — для колес с узким зубчатым венцом (до 30 мм).

Шевингование с продольной подачей обрабатываемого колеса 1 (рисунок 10.17, а) осуществляется при возвратно-поступательном движении колеса в направлении своей оси и с радиальной подачей на шевер в конце каждого рабочего хода на 0,025...0,040 мм за один двойной ход. После каждого рабочего хода шевер 2 получает вращение в обратную сторону для обработки другой стороны зуба. Возвратно-

поступательное движение зубчатого колеса соответствует ширине зубчатого венца обрабатываемого колеса плюс один модуль. В конце обработки несколько рабочих ходов совершаются без радиальной подачи колеса.

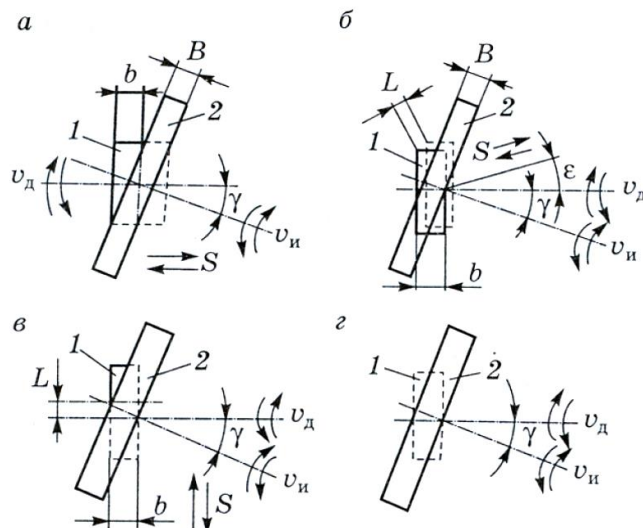


Рисунок 10.17 – Схемы шевингования зубчатых колес с различной подачей: а – продольной; б – диагональной; в – касательной; г – врезной; 1 – зубчатое колесо; 2 – шевёр

Шевингование с диагональной подачей (рисунок 10.17, б) осуществляется под углом ε ($20...60^\circ$) относительно оси обрабатываемого зубчатого колеса, что позволяет сократить длину рабочего хода, повысить стойкость инструмента на 50...80 % вследствие равномерного износа его зубьев, сократить время обработки и повысить производительность процесса на 50 %.

При касательном шевинговании (рисунок 10.17, в) подача осуществляется перпендикулярно к оси обрабатываемого зубчатого колеса. Шевингование с касательной подачей применяется для обработки закрытых зубчатых венцов или зубчатых колес с узким зубчатым венцом. Поэтому ширина шевера B должна быть больше ширины зубчатого венца b обрабатываемого зубчатого колеса. Режущие канавки на поверхности зубьев шевера располагаются по винтовой линии, что позволяет обрабатывать зубчатые колеса без продольной подачи. Режущая способность инструмента при касательном шевинговании выше, чем при продольном и диагональном.

Шевингование с врезной подачей осуществляется при радиальном перемещении инструмента относительно зубчатого колеса (рисунок 10.17, г). Для более полного охвата поверхности зубьев обрабатываемого колеса применяют шеверы с винтовым расположением режущих кромок. При этом рабочая часть шевера должна быть больше ширины зубчатого венца обрабатываемого колеса. Для лучшего прилегания к поверхности зуба обрабатываемого колеса зубья шевера в среднем сечении имеют вогнутый профиль. При шевинговании с врезной подачей в 2...4 раз повышается производительность обработки по сравнению с другими способами.

Обработка зубьев шевингованием позволяет повысить точность обработки и качество обработанной поверхности, а также параметр шероховатости R_a с 2,5 до 1,25 мкм. Режимы обработки зубьев шевингованием: припуск на обработку в зависимости от модуля 0,03...0,06 мм; средняя окружная скорость шевера 120 м/мин; продольная подача 0,15...0,3 мм/об; радиальная подача 0,02...0,06 мм на ход стола; число рабочих

ходов в зависимости от припуска составляет 6... 10. При диагональном шевинговании среднее значение продольной подачи равно 1 мм/об.

Холодная прикатка. Процесс осуществляется без снятия стружки металла для окончательной обработки боковых поверхностей зубьев незакаленных зубчатых колес вместо шевингования. Инструмент для холодной прикатки зубьев имеет форму цилиндрического зубчатого колеса 4 или 5 степени точности и изготавливается из сталей марок Р18, Р6М5, Х12Ф1 и других сталей твердостью 59... 61 HRC.

В условиях крупносерийного и массового производства наиболее широко применяется прикатка двумя зубчатыми колесами, расположенными горизонтально или вертикально. При такой схеме обработки создаваемые зубчатыми колесами силы взаимно уравниваются. Прикатка может осуществляться также одним или тремя накатниками. Оси зубчатого колеса и инструмента параллельны. Зубчатые колеса инструмента синхронно вращаются независимо друг от друга. Расстояние между инструментом и зубчатым колесом в процессе обработки постепенно уменьшается, и при достижении беззазорного зацепления начинается процесс прикатки с определенным усилием. Припуск под прикатку составляет 0,02...0,04 мм, что в 1,5...2 раза меньше, чем при шевинговании.

Производительность прикатки в 4...5 раз выше, чем при шевинговании, уровень шума при работе зубчатых колес уменьшается на 2...3 дБ, шероховатость поверхности зубьев после прикатки достигает $R_a = 0,16$ мкм. Точность обработки зубчатых колес повышается на одну-две степени. Основное технологическое время обработки зубчатых колес с модулем 2,5 мм и числом зубьев до 35 составляет 4...8 с. Зубчатые колеса, обработанные прикаткой, имеют более высокую твердость и износостойкость рабочих поверхностей зубьев.

Шлифование зубьев. Шлифованием достигается высокая точность зубьев закаленных зубчатых колес, так как оно позволяет устранить не только неточности зубонарезания, но и неизбежные деформации при термообработке.

Существует два способа шлифования зубьев: метод обката и метод профильного шлифования (копирования).

Шлифование зубьев методом обката производится червячным шлифовальным кругом (рисунок 10.18).

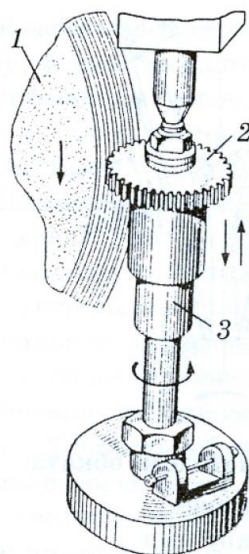


Рисунок 10.18 – Шлифование зубьев цилиндрических колес червячным кругом: 1 – червячный шлифовальный круг; 2 – обрабатываемое зубчатое колесо; 3 – оправка

Обрабатываемое зубчатое колесо в процессе шлифования совершает вращательное и возвратно-поступательное движение вдоль своей оси. Шлифование зубьев происходит за несколько проходов и характеризуется высокой производительностью, которая достигается за счет непрерывности процесса и одновременной обработки обеих боковых поверхностей зуба. Скорость вращения червячного шлифовального круга находится в пределах 30...35 м/с. Точность обработки соответствует шестой степени, а параметр шероховатости $R_a = 0,63$ мкм. Стойкость абразивного круга между правками профиля сохраняется при обработке почти 70 зубчатых колес, а полный его износ наступает после обработки 10... 15 тыс. деталей.

Шлифование зубьев методом обката с периодическим делением производится с помощью шлифовального круга, имеющего форму усеченного конуса (рисунок 10.19, а), или двумя тарельчатыми шлифовальными кругами 1 (рисунок 10.19, б).

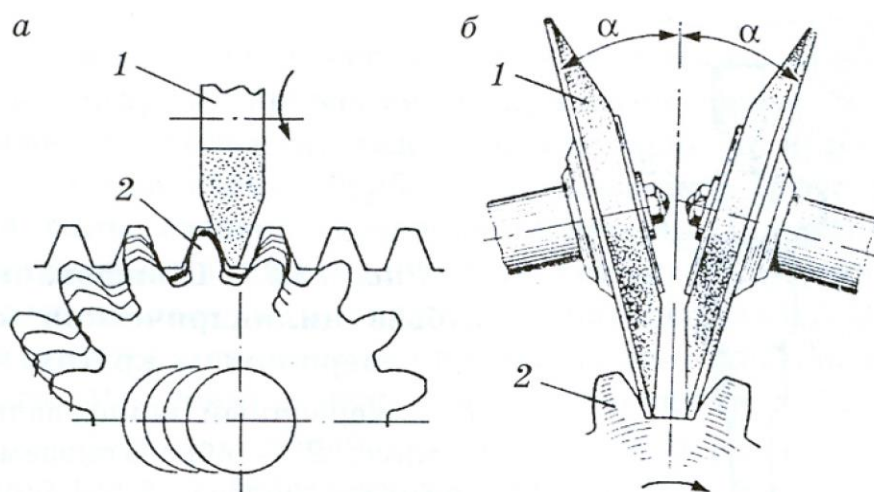


Рисунок 10.19 – Шлифование зубьев методом обката: а – с периодическим делением; б – двумя тарельчатыми кругами

При шлифовании зубьев двусторонним коническим шлифовальным кругом профиль зуба обрабатываемого колеса 2 обкатывается по прямобочному профилю шлифовального круга и одновременно имеет продольную подачу вдоль своей оси. Полная обработка этим методом обычно производится за два оборота обрабатываемого колеса и применяется преимущественно при изготовлении зубчатых колес с модулем зубьев 4...5 мм. При шлифовании зубьев двумя тарельчатыми кругами каждый круг обрабатывает одну сторону зуба зубчатого колеса, которое совершает обкаточное движение по воображаемой рейке и возвратно-поступательное движение вдоль своей оси. После обработки одной впадины зубчатое колесо автоматически поворачивается для обработки следующей впадины. Припуск на шлифование составляет 0,05...0,06 мм.

На современных автостроительных предприятиях применяются шлифовальные полуавтоматы особо высокой точности с числовым программным управлением, которые позволяют осуществлять многостаночное обслуживание при финишной обработке двумя тарельчатыми кругами с точностью 4 или 5 степени и параметром шероховатости $R_a = 0,16$ мкм.

Финишная обработка зубьев методом профильного шлифования (методом копирования) заключается в обработке боковой поверхности зуба фасонным кругом с эвольвентным профилем при его продольной подаче вдоль зуба (рисунок 10.20).

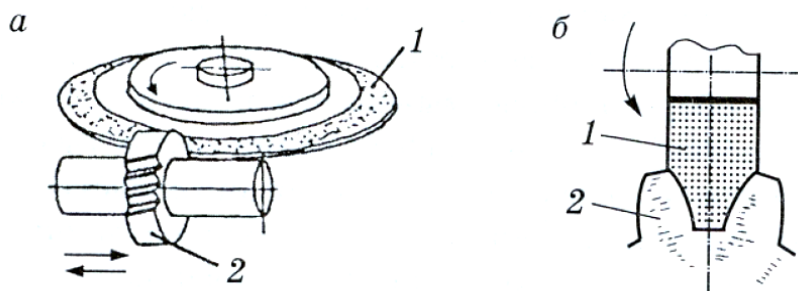


Рисунок 10.20 – Шлифование зубьев методом копирования: а – схема шлифования фасонным кругом; б – профиль шлифовального круга; 1 – инструмент; 2 – обрабатываемое зубчатое колесо

Обрабатываемое зубчатое колесо, установленное на оправку, после каждого двойного хода шлифовального круга автоматически поворачивается на один или несколько зубьев и цикл повторяется. Припуск на сторону составляет 0,1...0,2 мм.

Шлифование впадин производится за три-четыре двойных хода. Для получения нужного профиля зуба шлифовальный круг периодически правят при помощи специальных устройств и механизмов (пантографов и копиров). Профильное шлифование зубьев по сравнению с методом обката более производительное, но является менее точным вследствие неравномерного изнашивания шлифовального круга. Точность обработки соответствует 5, 6 степеням, а шероховатость $R_a = 1,25 \dots 0,63$ мкм. Время обработки одного зуба среднего модуля составляет 6...12 с.

Принципиальное отличие метода профильного шлифования зубчатых колес от шлифования методом обката заключается в том, что между кругом и обрабатываемым зубом имеет место линейный, а не точечный контакт и за один ход круга шлифуется весь профиль зуба.

Хонингование зубьев. Хонингование применяется для финишной обработки зубьев закаленных прямозубых и косозубых зубчатых колес. Процесс хонингования кинематически подобен шевингованию зубьев. Обрабатываемое зубчатое колесо, находясь в плотном зацеплении с абразивным зубчатым хонем, вращается и совершает возвратно-поступательное перемещение при угле скрещивания осей 10...150.

Направление вращения зубчатого хона изменяется при каждом ходе стола. В процессе хонингования с обрабатываемых зубьев удаляется слой металла 0,01...0,03 мм, хотя специальный припуск на хонингование не предусматривается. Параметр шероховатости боковых поверхностей зубьев при хонинговании уменьшается до $R_a = 1,25 \dots 0,32$ мкм.

Хонингование осуществляется двумя способами: радиальным нагружением при плотном беззазорном зацеплении хона и зубчатого колеса и окружным нагружением, когда инструмент и обрабатываемое зубчатое колесо установлены с боковым зазором при постоянном межосевом расстоянии. В автомобилестроении наибольшее распространение получил первый метод.

Зубчатый абразивный хон изготавливают с таким же модулем, что и обрабатываемое зубчатое колесо, но большего диаметра. Наружный диаметр хона равен 220...250 мм при ширине зубчатого венца 25 мм. Число зубьев хона не должно быть кратно числу зубьев обрабатываемого колеса.

Хонингование зубьев осуществляется хонами на основе эпоксидных смол с добавлением карбида кремния в разных пропорциях и хонами, изготовленными на стальной основе с гальваническим покрытием зубьев алмазными и другими абразивными порошками.

Режим обработки зубохонингования: частота вращения хона 180...200 мин, продольная подача 25...150 мм/мин, число рабочих ходов стола 4...6, время хонингования одного зубчатого колеса составляет в среднем 30...60 с. Износостойкость хона 1500...3000 деталей.

Хонингование закаленных зубчатых колес, обработанных шевингованием, позволяет снизить нагруженность зубьев на 15...20 % и уровень шума на 2...4 дБ. Долговечность зубчатых колес при этом повышается примерно в 1,5 раза.

9. Закругление зубьев зубчатых колес.

С целью облегчения зацепления и повышения долговечности переключаемых зубчатых колес производится закругление торцов зубьев, которым придается сфероидальная или остроугольная форма.

Закругляются торцы зубьев пальцевой, чашечной торцевой и дисковой фасонной фрезами (рисунок 10.21).

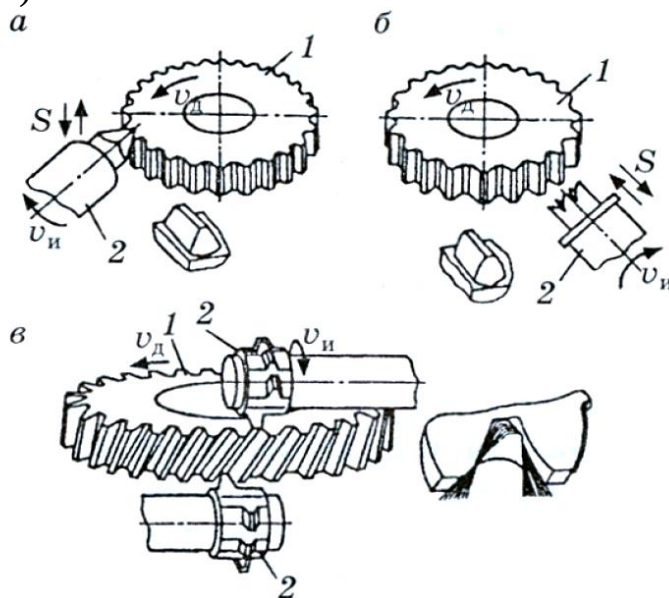


Рисунок 10.21 – Способы закругления и снятия фасок на торцах зубьев различными фрезами: а – пальцевой; б – чашечной торцевой; в – дисковой фасонной; 1 – зубчатое колесо; 2 – инструмент

При закруглении торцов пальцевой фрезой (рисунок 10.21, а) зубчатое колесо 1 и инструмент 2 вращаются одновременно. Кроме того, инструмент дополнительно синхронно перемещается вдоль зуба вверх и вниз по специальному копиру, профиль которого соответствует форме закругления. Торцы зубьев с модулем до 3 мм закругляются за один оборот копира, т. е. за один проход, а зубья с модулем более 3 мм – за два и более прохода. Скорость вращения фрезы в пределах 780... 1500 мин⁻¹. Время обработки одного торца зуба 1...3 с.

Более эффективным методом закругления торцов зубьев является обработка фасонными чашечными двух- и трехзубыми фрезами (рисунок 10.21, б). В процессе

обработки зубчатое колесо 1 неподвижно, а фреза 2, установленная под углом к обрабатываемому колесу, совершает вращательное движение и возвратно-поступательное перемещение вдоль своей оси. После обработки каждого зуба зубчатое колесо автоматически поворачивается на один зуб. Время обработки одного колеса с модулем 3 мм и числом зубьев 18 за два прохода составляет 14 с.

На практике чаще всего снятие фасок и заусенцев с острых кромок торцов зубьев производится двумя одновитковыми фасонными фрезами (рисунок 10.21, в). Фрезы имеют различные углы профиля зуба, направления винтовой линии и осевые шаги.

На современных предприятиях автомобильной промышленности для обработки одновенцовых и блочных цилиндрических колес применяются специальные зубофасочные автоматы, которые используются в автоматических линиях. Время обработки на станке с автоматическим циклом работы сокращается до 10...20 с. Закругление торцов зубьев и снятие фасок и заусенцев с них производится до отделки зубьев.

10. Технология изготовления конических зубчатых колес.

В автомобилестроении применяются конические зубчатые передачи, в которых оси ведущего и ведомого колёс имеют общую точку пересечения (ортогональные передачи), и гипоидные передачи с перекрещивающимися осями. Характерной конической зубчатой передачей с круговыми зубьями является главная передача заднего моста автомобиля.

Нарезание зубьев конических зубчатых колес с прямыми зубьями производится зубостроганием двумя резцами, зубофрезерованием двумя дисковыми фрезами, протягиванием круговой и резцовой протяжками.

Схема нарезания прямозубых конических колес методом зубострогания двумя резцами приведена на рисунке 10.22, а.

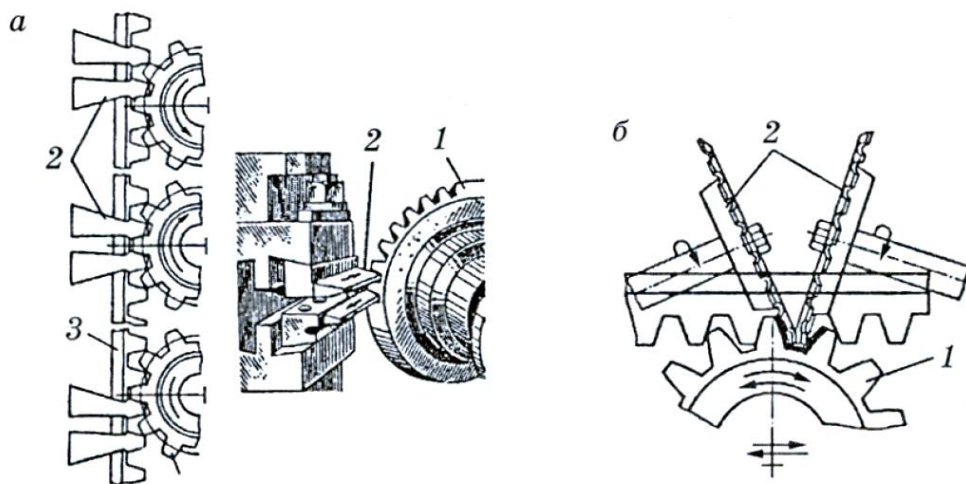


Рисунок 10.22 – Нарезание зубьев конических зубчатых колес: а – зубострогание двумя резцами; б – фрезерование двумя дисковыми фрезами; 1 – обрабатываемое зубчатое колесо; 2 – режущий инструмент; 3 – плоский венец

В процессе обработки воспроизводится зацепление вращающегося зубчатого колеса 1 с зубьями воображаемого плоского венца 3, образованными режущими кромками движущихся резцов инструмента 2. При этом резцы совершают возвратно-поступательное движение и одновременно перемещаются вверх в плоскости,

касательной к поверхности внутреннего конуса. После обработки одного зуба обрабатываемое зубчатое колесо выходит из зацепления с инструментом, возвращается в исходное положение и поворачивается для обработки следующего зуба. Точность обработки зубостроганием соответствует 8 степени, а шероховатость боковой поверхности зубьев $R_a = 2,5 \dots 1,5$ мкм. Зубчатые колеса с модулем более 3 мм обрабатываются за два прохода.

Метод зубофрезерования двумя дисковыми фрезами (рисунок 10.22, б) заключается в том, что каждая фреза 2 устанавливается под углом к вертикальной плоскости и обрабатывает одну сторону профиля зуба обрабатываемого колеса 1. Угол наклона оси фрезы должен быть близок к углу зацепления. В процессе резания зубья одной фрезы входят в промежутки между режущими зубьями другой фрезы. Процесс обработки осуществляется без перемещения инструмента вдоль нарезаемых зубьев. Поэтому дно впадины зубчатого колеса имеет некоторую вогнутость. Для подвода и отвода в зону обработки зубчатое колесо совершает возвратно-поступательное перемещение.

При нарезании прямозубых конических колес методом протягивания круговой протяжкой (рисунок 10.23, а) зубчатое колесо 1 неподвижно, а режущий инструмент 2 вращается с окружной скоростью 20...40 м/мин и совершает возвратно-поступательное перемещение параллельно образующей конуса впадины колеса. Режим обработки определяется формой копира в зависимости от схемы резания. Каждый режущий зуб протяжки имеет свой профиль, высоту и толщину. Поэтому впадины между зубьями нарезаемого колеса получают с переменным профилем. Каждая впадина зубчатого колеса нарезается за один оборот протяжки.

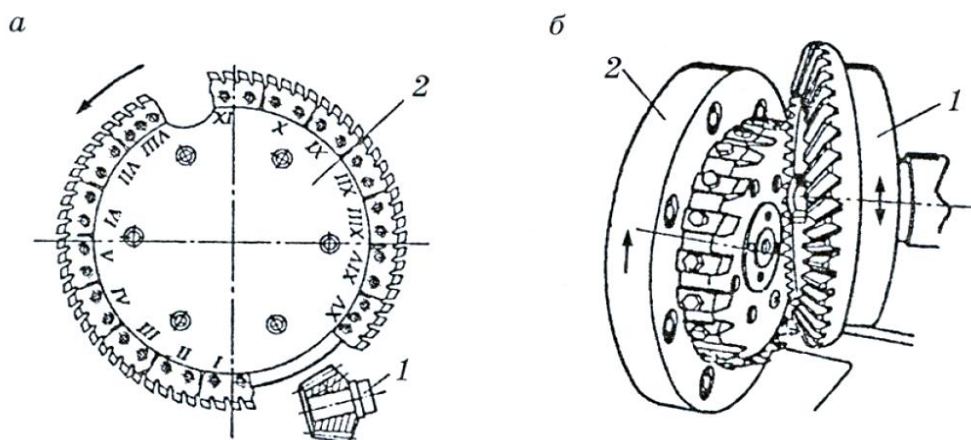


Рисунок 10.23 – Нарезание зубьев конических колес: а – протягивание круговой протяжкой; б – резцовой головкой-протяжкой; 1 – обрабатываемое зубчатое колесо; 2 – инструмент

Данный метод нарезания зубьев конических зубчатых колес является наиболее производительным и обеспечивает 7 степень точности. Шероховатость боковых поверхностей зубьев составляет $R_a = 5,0 \dots 3,2$ мкм.

Нарезание зубьев конических зубчатых колес методом обката резцовыми головками с торцовым расположением зубьев осуществляется двухсторонними или трехсторонними головками (рисунок 10.23, б).

Нарезание зубьев двухсторонними резцовыми головками может производиться как методом обката, так и врезания, а трехсторонние головки могут работать только методом врезания.

Трехсторонние головки имеют резцы трех типов: наружные, внутренние и средние. Для обработки поверхностей зуба служат наружные и внутренние резцы, а средние резцы – для обработки впадины.

Для обработки зубьев применяются двухсторонние и односторонние резцовые головки, которые бывают праворежущими и леворежущими с наружными или внутренними резцами. Наружные резцы чистовой односторонней резцовой головки применяются для обработки вогнутой стороны зуба конического зубчатого колеса, а внутренние – для нарезания выпуклой стороны.

В настоящее время широкое распространение получила обработка конических зубчатых колес с круговыми зубьями двухсторонним методом на зуборезных станках с ЧПУ, которые характеризуются высокой экономичностью и производительностью и обеспечивают высокое качество зубчатых зацеплений.

Тема 11: Основы проектирования технологических процессов изготовления деталей автомобилей.

1. Исходные данные и этапы разработки технологических процессов.

Различают три вида технологических процессов:

- 1) единичный;
- 2) типовой;
- 3) групповой;

Технологический процесс разрабатывается для изготовления нового изделия или совершенствования выпускаемого в соответствии с достижениями науки и техники. Разработка технологического процесса обработки резанием заготовок является комплексной задачей, для решения которой нужно найти оптимальный вариант, обеспечив при этом заданное качество и точность согласно техническим условиям. Для разработки технологического процесса обработки резанием заготовок необходимы следующие исходные данные:

- 1) рабочий чертеж детали и чертеж сборочной единицы;
- 2) рабочий чертеж заготовки;
- 3) объем выпуска деталей;
- 4) режим работы предприятия.

Разработка технологического процесса изготовления деталей осуществляется в определенной последовательности. Её начинают с изучения рабочего чертежа детали и сборочного чертежа сборочной единицы, в которую входит данная деталь. Изучается служебное назначение детали и условия ее работы.

Технологический процесс расчленяется на черновые, чистовые и отделочные операции.

Технологический процесс включает одно-, многопереходные и многопозиционные операции. Для однопереходной операции характерна обработка одной поверхности у одной или нескольких деталей разными инструментами (обработка на токарно-револьверных станках, гидрокопировальных и т.п.).

Следует выбирать высокопроизводительное оборудование. Для черновых операций, связанных со снятием наибольших припусков, следует использовать

станки, не отличающиеся высокой точностью, но обеспечивающие высокую производительность. Для чистовых операций используют станки более высокой точности, а для отделочных – прецизионные станки.

Существенное влияние на структуру технологического процесса оказывают условия его использования на действующем производстве и на вновь проектируемом заводе. В условиях действующего производства при разработке технологического процесса учитывается наличие свободного оборудования и загрузка действующего. При разработке техпроцесса для нового завода оборудования выбирают из условий наиболее экономичного изготовления деталей.

Таким образом, при проектировании технологической операции необходимо иметь следующие данные: маршрут обработки заготовки, схему её базирования и закрепления, точность обработки и шероховатость поверхностей, припуск на обработку.

В основу построения технологического маршрута обработки должно быть положены следующие принципы:

- 1) операции, при которых можно ожидать повышенного брака, следует выполнять в самом начале техпроцесса;
- 2) необходимо предусматривать отдельное выполнение черновых, чистовых и отделочных операций для повышения точности обработки;
- 3) точно координированные отверстия необходимо обрабатывать с одной установки;
- 4) отделочные операции выполняются в конце техпроцесса.

При проектировании техпроцесса следует стремиться к сокращению штучного времени. Сокращение нормы времени достигается совмещением нескольких технологических переходов. Основное время снижается за счёт использования высокопроизводительных и комбинированных режущих инструментов, повышения режимов резания, уменьшения числа переходов при обработке поверхностей. Вспомогательное время сокращается в результате уменьшения времени на установку и снятие заготовок за счёт использования быстродействующих приспособлений, уменьшения времени вспомогательных ходов.

Проектирование технологической операции должно сопровождаться расчетами режимов резания назначают: сначала определяют глубину резания, затем подачу и после нее скорость резания. Глубина резания определяется припуском на обработку. При этом для обеспечения заданной точности и шероховатости поверхности глубину резания на последних рабочих ходах уменьшают.

Подачу назначают максимально допустимой. При черновой обработке ограничивающим фактором является прочность слабого звена технологической системы. При числовой отделочной обработке шероховатость поверхности. Ее выбирают по нормативам, согласовывая с паспортными данными станками.

Скорость резания определяют по формулам или нормативам. Необходимо так же провести нормирование техпроцесса: установить исходные данные для расчета норм времени и расхода материалов, рассчитать затраты труда и расход материалов, определить разрыв работ и профессии исполнителей операции.

Большое внимание уделяется обеспечению требований техники безопасности и производственной санитарии.

На заключительном этапе, на основании стандартов ЕСТД, техпроцесс оформляется документально.

2. Выбор технологического оборудования.

Проведя анализ чертежа детали и анализ формулирования поверхностей, подходим к этапу выбора технологического оборудования. при этом в первую очередь необходимо учитывать параметры изделия, т.е. оборудования выбирают по главному параметру, в наибольшей степени выявляющему его функциональное значение и его технические возможности.

Оборудование должно удовлетворять следующим главным требованиям:

1. соответствовать установленному типу производства;
2. обеспечивать необходимую производительность при достаточно высоком коэффициентом загрузки;
3. обеспечивать получение необходимой точности и качества изготовления обрабатываемой детали;
4. иметь достаточно высокую надежность и простоту обслуживания.

Годовая потребность в оборудовании определяется по годовому объёму работ, устанавливаемому статистическим анализом затрат средств и времени на изготовление детали.

В настоящее время имеется достаточно большой опыт по выбору вида обработки в зависимости от типа производства. Установлено, что основным средством достижения высокой производительности при автоматизации серийного производства является применение станков с ЧПУ, промышленных роботов и создание на их основе гибких производственных систем, а также применение типовых техпроцессов и групповых методов обработки.

3. Выбор технологической оснастки и средств контроля.

Для того, чтобы выбрать технологическую оснастку, проводится анализ изготавливаемого изделия (габаритные размеры, материалы, точность, шероховатость поверхностей и т.д.), организационные и технологические условия изготовления изделия (схема базирования, вид технологической операции и т.д.).

Технологические операции группируются, чтобы определить наиболее приемлемую систему технологической оснастки повысить коэффициент ее использования.

Необходимо определить исходные требования к технологической оснастке. Затем подбирается номенклатура оснастки, соответствующая установленным требованиям.

Если необходимо проектировать новую конструкцию оснастки, то определяются исходные расчетные данные. Составляется техническое задание на разработку изготовление технологической оснастки.

На автоматических линиях использует стационарные одно- и многоместные приспособление, а также приспособления-спутники.

К стационарным приспособлениям автоматических линий предъявляются специфические требования. Подача и установка заготовок в приспособление производится за счёт перемещения транспортирующего устройства. Установочные элементы транспортирующего устройства должны быть на одном уровне с установочными элементами приспособлений. В качестве установочных элементов

часто используют опорные планки и два выдвижных пальца с коническими фасками. Для определения правильности положения заготовки в приспособлении используют датчики. Конструкция приспособления должна обеспечивать надёжный отвод стружки из зоны обработки.

Приспособления-спутники применяют для установки и закрепления заготовок сложной формы. При этом весь процесс обработки выполняется при неизменном положении заготовки. Приспособление-спутник с закреплённой заготовкой последовательно перемещается относительно станков автоматической линии по специальным направляющим при помощи шагового транспортёра. Закрепление заготовок на спутнике осуществляется вручную.

При разработке процессов контроля выявляют характеристики объектов контроля: показатели процессов контроля, определяющие выбор средств; уточняют схемы измерений, для чего требуется конструкторская документация на изделие.

Состав средств контроля должен обеспечивать заданные показатели с учётом метрологической и эксплуатационных характеристик (используются стандарты на средства контроля). Выбор средств контроля обуславливается экономически.

4. Формы организации технологических процессов.

Форма организации технологических процессов изготовления деталей зависит от типа производства. Существуют две формы организации ТП – групповая и поточная.

Групповая форма характеризуется однородностью конструктивно-технологических признаков заготовок, единством средств технологического оснащения и специализирует рабочих мест. Группы заготовок для обработки должны устанавливаться с учётом трудоёмкости обработки и объёма выпуска.

Окончательно номенклатуру групп заготовок, подлежащих обработке на конкретном участке, следует устанавливать после расчёта загрузки оборудования.

Поточная форма характеризуется специализацией каждого рабочего места, станки расположены последовательно выполнению технологического процесса. Соблюдаются постоянства такого выпуска продукции.

Определение формы организации выполнения технологического процесса следующее:

- вначале определяют виды изделий;
- изделия группируют по общности конструктивно-технологических признаков.
- учитывая объём выпуска каждого изделия, намечают календарные сроки выполнения задания;
- определяют необходимое оборудование, коэффициент его загрузки, а так же показатель относительной трудоёмкости.

Поточную форму организации технологических процессов в зависимости от номенклатуры изделий следует подразделять на однономенклатурную и многономенклатурную поточную линии. Первая поточная линия характеризуется обработкой заготовок одного наименования по закреплённому технологическому процессу в течение длительного времени. На многономенклатурных поточных линиях обрабатывается группа конструктивно подобных деталей, имеющих однорядные операции обработки.

5. Разработка групповых технологических процессов.

В условиях современного единичного, мелкосерийного и серийного производства важное значение имеет организация группового производства. Групповое производство – это прогрессивная форма организации производственных процессов, организованной основой которой является целевая поддетальная специализация участков и цехов, а технологической составляющей – унифицированная групповая форма организации технологических процессов. При этом создаются поддетально групповые цехи, участки и многономенклатурные поточные линии.

При групповой обработке создают классы заготовок по видам обработки (изготавливаемые на токарных, фрезерный, сверлильных и т.д. станках). Основным признаком для объединения заготовок в группы по отдельным технологическим операциям является общность обрабатываемых поверхностей или их сочетаний.

При формировании заготовок учитываются следующие признаки:

- общность элементов, составляющих конфигурацию заготовки, а, следовательно, общность поверхностей, подлежащих обработке (цилиндрическая, коническая, фаски и т.д.);
- точность и шероховатость обрабатываемых поверхностей;
- однородность обрабатываемого материала;
- близость размеров исходных заготовок, позволяющих их обрабатывать на одном и том же оборудовании;
- серийность выпуска заготовок и трудоёмкость их обработки.

Разрабатываются групповые технологические операции.

Групповой технологической операцией называется общая для группы различных по конструктивным признакам заготовок операция, выполняемая с определённой групповой оснасткой, обеспечивающей обработку заготовки на данном оборудовании. Операция является составной частью группового технологического процесса.

Групповым технологическим процессом называется совокупность групповых технологических операций, обеспечивающих обработку различных заготовок группы по общему технологическому маршруту. При групповом технологическом маршруте некоторые группы могут пропускать отдельные операции.

Проектирование групповой обработки выполняется в такой последовательности:

- 1) по чертежам изделий завода производят отбор заготовок, которые могут быть обработаны на одинаковом оборудовании;
- 2) определяют фактическую трудоёмкость обработки отобранных заготовок в количестве, обеспечивающем полное выполнение месячной программы;
- 3) устанавливают окончательный состав группы заготовок исходя из необходимости загрузки оборудования в течение месяца при минимальных переналадках для других групп заготовок;
- 4) после уточнения состава группы создают комплексную заготовку, устанавливают последовательность и содержание переходов групповой операции и разрабатывают схему групповой наладки станка;
- 5) после разработки схем групповой наладки и уточнения содержания технологического переходов проектируют и изготавливают групповую оснастку. При этом проектируют групповые приспособления и инструменты, производят целевую

модернизацию станков, создают специализированные станки для групповой обработки.

Групповые технологические процессы разрабатывают для всех видов производства.

6. Разработка типовых технологических процессов.

Одним из наиболее прогрессивных направлений совершенствования технологии машиностроительных заводов является типизация технологических процессов. При всём многообразии деталей машиностроительного производства среди них можно обнаружить большое количество деталей аналогичной конфигурации, близких по точности, требованиям, предъявленным по качеству обработки, а так же сравнительно мало отличающихся по размерам.

Типизация должна обеспечивать устранение многообразия технологических процессов обоснованным сведением к ограниченному числу типов и является базой для разработки стандартов на типовые технологические процессы.

Проведение типизации технологических процессов для сходных по конфигурации и технологическим особенностям деталей предусматривает их изготовление по одинаковым технологическим процессам.

Типовой технологический процесс разрабатывается для изготовления в конкретных технологических условиях типового представителя группы деталей, обладающих общими конструктивно-технологическими признаками.

Работа по типизации технологических процессов должна начинаться с проведения классификации поверхностей. Основной задачей классификации является приведение всего многообразия заготовок, поверхностей и их сочетаний к минимальному количеству типов, для которых можно разработать типовые технологические процессы обработки в нескольких вариантах, чтобы для любого конкретного случая обработки заготовки, поверхностей данного типа можно было выбрать наиболее рациональный типовой процесс для данных условий производства.

Под типовым сочетанием поверхностей понимается сочетание поверхностей, встречающихся у различных заготовок, при котором все элементарные поверхности могут быть обработаны при неизменной технологической базе, на одних и тех же станках, одинаковыми инструментами, при одинаковых содержании и последовательности операций, установов и переходов.

В основу построения технологической классификации заготовок принимают классы. Классом называется совокупность заготовок, характеризуемых общностью технологических задач, решаемых в условиях определённой конфигурации этих заготовок(валы, втулки, диски, рычаги и т.д.).

Разбивка классов на группы заканчивается типом. Под типом понимается совокупность заготовок одного класса, имеющих в определённых производственных условиях одинаковый маршрут типовых операций. К одному типу относятся заготовки, для которых можно составить общую карту типового процесса. Например, класс валов диаметром 30...80 мм, и длиной 150...1000 мм, 6-8 качества точности. Валы этих размеров составляют 80% всех валов, применяемых в машиностроении. Для них составляем единый технологический процесс.

Разработка типовой технологии в условиях завода должна производиться для 2-ух вариантов: рабочего, составленного на основании имеющегося оборудования и перспективного, учитывающего все возможности современных видов обработки, новейшего оборудования и прогрессивных методов организации производства.

Карты типовых процессов составляют для каждого вида заготовок.

Тема 12: Расчёт режимов резания и нормирование технологических операций.

1. Расчёт режимов обработки.

Порядок расчёта режимов резания рассмотрим для токарной обработки.

Расчет режимов резания ведут в следующей последовательности:

1) Выбирают инструментальный материал, конструкцию и геометрию режущего инструмента.

Материал режущей части выбирают в зависимости от свойств обрабатываемого материала, состояния поверхности заготовки, а также от условий осуществляемого резания. Геометрические параметры инструмента назначаются в зависимости от свойств обрабатываемого материала, жесткости технологической системы, вида обработки (черновой, чистовой или отделочной) и других условий резания.

2) Назначают глубину резания t с учетом припуска на обработку.

При черновой обработке желательно назначать глубину резания, обеспечивающую срезание припуска за один проход. Получистовая обработка часто производится в два прохода. Первый, черновой, осуществляется с глубиной резания $t = (0,6...0,75)$ припуска на сторону, а второй, окончательный, с $t = (0,25...0,3)$. Обработка в два прохода в этом случае вызвана тем, что при снятии слоя толщиной свыше 2 мм за один проход качество обработанной поверхности низкое, а точность ее размеров недостаточна. При чистовой обработке в зависимости от точности и шероховатости 0,1-2 мм.

3) По выбранной глубине резания и шероховатости обрабатываемой поверхности по справочнику назначают подачу S (при точении – S_0 , мм/об). При черновой обработке выбирают максимально возможную подачу, с учетом жесткости технологической станочной системы, прочности детали, способа её крепления (в патроне, в центрах и др.), прочности и жесткости рабочей части режущего инструмента, прочности механизма подачи станка, а также установленной глубины резания. Выбранное значение подачи согласуют с паспортными данными станка.

При чистовой обработке назначение подачи необходимо согласовывать с заданной шероховатостью обработанной поверхности и качеством точности, учитывая при этом возможный прогиб детали под действием сил резания и погрешности геометрической формы обработанной поверхности.

4) Определяют скорость резания при заданной стойкости, глубине и подаче.

При наружном продольном и поперечном точении и растачивании:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ м/мин}$$

При отрезании, прорезании и фасонном точении:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ м/мин}$$

где K_v – поправочный коэффициент, зависящий от условий обработки, является произведением ряда коэффициентов. Важнейшими из них являются:

K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИВ}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

T – стойкость инструмента, мин;

t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об;

C_v, m, x, y – коэффициент и показатели степени при соответствующих параметрах.

5) Зная теоретическую скорость резания, определяют теоретическую частоту вращения шпинделя, которую необходимо сопоставить с паспортными данными станка. Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \text{ мин}^{-1}$$

где D – наибольший диаметр поверхности резания, мм;

6) По принятому паспортному значению частоты вращения шпинделя определяют фактическое значение скорости резания по формуле:

$$v_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000}, \text{ м/мин}$$

где n_ϕ – принятое по паспорту значение частоты вращения шпинделя.

7) Определяют составляющие силы резания.

Силу резания принято раскладывать на составляющие силы, направленные по осям координат станка (тангенциальную P_z , радиальную P_y и осевую P_x). При наружном, продольном и поперечном точении, растачивании, отрезании, прорезании пазов и фасонном точении эти составляющие рассчитывают по формуле:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p, \text{ Н}$$

где C_p, n, x, y – коэффициент и показатели степени при соответствующих параметрах.

K_p – поправочный коэффициент, представляет собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания.

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\tau p},$$

где $K_{MP}, K_{\phi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{\tau p}$ – коэффициенты, учитывающие фактические условия резания.

8) Определяют мощность резания, а также уточняют возможность обработки на станке.

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт}$$

Обработка на станке возможна, если выполняется следующее условие:

$$N_p \leq 1,3 \cdot N_{CT} \cdot \eta,$$

где N_{CT} – мощность электродвигателя привода главного движения станка, кВт;

η – КПД привода, $\eta = 0,8$;

$K = 1,3$ – коэффициент кратковременной перегрузки.

Основное (технологическое) время T_o представляет собой время, в течение которого осуществляется изменение размеров и формы заготовки, внешнего вида и шероховатости поверхности, состояния поверхностного слоя и определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L}{S_o \cdot n} \cdot i, \text{ мин}$$

где i – количество проходов;

L – путь, пройденный инструментом:

$$L = l_o + l_1 + l_2, \text{ мм}$$

где l_o – длина обрабатываемой поверхности, мм;

l_1 – величина врезания инструмента, при точении:

$$l_1 = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi + (0,5 \dots 2), \text{ мм}$$

l_2 – величина перебега инструмента, принимаем $l_2 = 0,5 \dots 2$ мм.

φ – главный угол в плане, град;

2. Трудоемкость технологических операций.

В условиях массового производства определяется норма штучного времени. Расчёт ведётся по формуле:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_v + T_{\text{об}} + T_{\text{от}}, \text{ мин}$$

где T_o – основное время, мин;

T_v – вспомогательное время, мин;

$T_{\text{об}}$ – время обслуживания рабочего места, мин;

$T_{\text{от}}$ – время перерывов на отдых и личные потребности, мин.

Вспомогательное время определяется по формуле:

$$T_v = T_{\text{ус}} + T_{\text{з.о.}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{изм}}, \text{ мин}$$

где $T_{\text{ус}}$ – время на установку и снятие заготовки, мин;

$T_{\text{з.о.}}$ – время на закрепление и открепление заготовки, мин;

$T_{\text{уп}}$ – время на приемы управления, мин;

$T_{\text{изм}}$ – время на измерение детали, мин.

Время на установку и снятие заготовки $T_{\text{ус}}$, а также на её закрепление и открепление $T_{\text{з.о.}}$, принимается по нормативным таблицам в зависимости от веса заготовки, способа её базирования, типа приспособления, конструкции зажимного механизма.

В случае использования широко распространенных приспособлений (самоцентрирующих патронов, оправок, центров, тисков, магнитных плит) в нормативах приводятся затраты времени на весь комплекс действий "установить, закрепить, открепить и снять заготовку".

При использовании специальных приспособлений время на установку и снятие детали, и время на её закрепление и открепление определяются отдельно.

Время на приемы управления станком $T_{уп}$ включает в себя время на пуск и выключение станка, на подвод инструмента к заготовке и отвод его в исходное положение, время на перемещение стола или суппорта.

Кроме того, вспомогательное время на управление станком включает время, затрачиваемое на изменение режима работы станка (подачи, частоты вращения шпинделя) и время на смену инструмента, при условии, что эти действия выполняются при обработке каждой детали из партии.

Время на контрольные измерения $T_{изм}$ устанавливается на процесс измерений, производимых станочником, после выполнения перехода или операции. Периодичность контрольных измерений зависит от стабильности получаемых при обработке размеров, их величины, допуска, конструкции режущего инструмента, способа достижения требуемой точности при обработке.

Элементы вспомогательного времени определяются по таблицам справочников.

В норму времени не следует включать составляющие вспомогательного времени, перекрываемые основным временем. Например, при обработке заготовок на станках-полуавтоматах, включая станки с ЧПУ, контрольные измерения могут производиться в процессе работы станка в автоматическом режиме, поэтому соответствующие затраты времени при расчётах не учитываются.

Сумма основного и вспомогательного времени называется оперативным временем:

$$T_{оп} = T_o + T_v, \text{ мин}$$

Время обслуживания рабочего места $T_{об}$ представляет собой время, затрачиваемое исполнителем на поддержание средств технологического оснащения в работоспособном состоянии и уход за ними и рабочим местом.

В условиях массового производства время обслуживания рабочего места подразделяется на время технического $T_{тех}$ и время организационного $T_{орг}$ обслуживания.

Время технического обслуживания $T_{тех}$ – это время, затрачиваемое на уход за рабочим местом (оборудованием) в течение данной конкретной работы (время на регулировку инструментов и подналадку оборудования в процессе работы, время на смену затупившихся инструментов, время на правку инструмента, время на удаление стружки в процессе работы).

Время на техническое обслуживание рабочего места для токарных, фрезерных и сверлильных операций определяется по следующей формуле:

$$T_{тех} = T_o \cdot t_{см} / T, \text{ мин}$$

где T_o – основное время, мин;

$t_{см}$ – время на смену режущего инструмента и подналадку станка, мин;

T – период стойкости при работе одним инструментом или расчетный период стойкости лимитирующего инструмента при многоинструментальной обработке, мин.

Нормативные значения $t_{см}$ приведены в таблицах справочников.

Время организационного обслуживания $T_{орг}$ – это время, затрачиваемое на уход за рабочим местом в течение рабочей смены (время на раскладку и уборку инструмента в начале и конце смены, время на осмотр и опробование оборудования, время на его смазку и чистку и т. п.).

Время организационного обслуживания в массовом производстве определяется в процентах к оперативному времени.

$$T_{\text{орг}} = T_{\text{оп}} \cdot P_{\text{орг}} / 100, \text{ мин}$$

где $T_{\text{оп}}$ – оперативное время, мин;

$P_{\text{орг}}$ – затраты на организационное обслуживание рабочего места в процентах от оперативного времени.

Значения $P_{\text{орг}}$ принимаются по таблицам справочников.

Время на личные потребности $T_{\text{от}}$ – это время, затрачиваемое человеком на личные потребности и (при утомительных работах) на дополнительный отдых.

Оно предусматривается для всех видов работ (кроме непрерывных) и определяется в процентах к оперативному времени по формуле:

$$T_{\text{от}} = T_{\text{оп}} \cdot P_{\text{от}} / 100, \text{ мин}$$

где $P_{\text{от}}$ – затраты времени на отдых в процентах от оперативного времени.

Значения $P_{\text{от}}$ принимаются по таблице справочника.

Таким образом, в массовом производстве для всех видов станочных работ норма штучного времени может быть определена по формуле:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_{\text{ус}} + T_{\text{з.о.}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{изм}} + T_{\text{тех}} + T_{\text{орг}} + T_{\text{от}}, \text{ мин}$$

В условиях серийного (включая крупносерийное) производства определяется норма штучно-калькуляционного времени. Расчет ведется по формуле:

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{T_{\text{п.з}}}{n} + T_o + T_{\text{в}} + T_{\text{об}} + T_{\text{от}}, \text{ мин}$$

где $T_{\text{п.з}}$ – подготовительно-заключительное время, мин;

n – количество деталей в партии, шт;

T_o – основное время, мин;

$T_{\text{в}}$ – вспомогательное время, мин;

$T_{\text{об}}$ – время обслуживания рабочего места, мин;

$T_{\text{от}}$ – время перерывов на отдых и личные потребности, мин.

Подготовительно-заключительное время определяется по нормативным таблицам с учетом типоразмера станка, приспособления, конструкции и массы обрабатываемой заготовки, количества режущих инструментов в наладке и т. п.

Составляющие $T_{\text{п.з}}$ при обработке заготовок на различных металлорежущих станках приведены в таблицах справочников.

Основное (T_o) и вспомогательное ($T_{\text{в}}$) время в расчетной формуле определяются таким же образом, как и в условиях массового производства.

При определении элементов вспомогательного времени могут быть использованы данные таблиц времени для массового производства с условием введения поправочных коэффициентов k равных:

1,5 – для условий крупносерийного производства;

1,85 – для условий серийного производства.

Время на личные потребности и отдых определяется в процентном отношении к оперативному времени.

В условиях серийного производства для всех операций (кроме шлифовальных) время обслуживания рабочего места и время на отдых по отдельности не определяются. В нормативах дается сумма этих двух составляющих штучно-калькуляционного времени в процентах от оперативного времени:

$$T_{\text{об.от}} = T_{\text{оп}} \cdot P_{\text{об.от}} / 100, \text{ мин}$$

где $P_{\text{об.от}}$ – затраты времени на обслуживание рабочего места и на отдых в процентах от оперативного времени.

Таким образом, в серийном производстве норма штучно-калькуляционного времени определяется по формуле:

$$T_{\text{шк}} = \frac{T_{\text{п.з}}}{n} + T_o + (T_{\text{ус}} + T_{\text{з.о.}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{изм}})k + T_{\text{об.от}}, \text{ мин}$$

3. Технологическая документация.

В машиностроении государственными стандартами установлена Единая система технологической документации (ЕСТД)

Основные назначения стандартов ЕСТД - установление на всех предприятиях единых правил оформления и ведения технологической документации, стандартизация обозначений и унификация документации на различные виды работ.

Комплект технологических работ включает:

1) маршрутная карта - технологический документ, содержащий описание технологического процесса изготовления или ремонта изделия по всем операциям в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, оснастке, материальных и трудовых нормативах.

2) Карта технологического процесса – технологический документ, содержащий описание технологического процесса изготовления или ремонта изделия по операциям, выполняемых в одном цехе в технологической последовательности с указанием данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых нормативах.

В комплект технологических документов входят также операционная карта, карта эскизов, технологическая конструкция, ведомость деталей.

Операционная карта – технологический документ, содержание описание технологической операции с указанием переходов, режимов резания и данных о средствах технологического оснащения.

Карта эскизов – технологический документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы, необходимые для выполнения технологического процесса. Эти карты выполняют в виде эскизов наладок (схемы установка заготовок с указанием полученных размеров с допусками и шероховатостью обработанных поверхностей).

Комплектовочная карта – технологический документ, содержащий данные о деталях, сборочных единицах и материалах входящих в комплект собираемого изделия.

Технологическая инструкция – технологический документ, содержащий описание приемов работы или технологический процессов изготовления, правил эксплуатации средств технического оснащения и др.

Строгое выполнение указаний технической документации обеспечивает технологическую дисциплину на предприятиях и выпуск высококачественных изделий.

Проектирование технологического процесса сопровождается разработкой технического задания на конструировании специального оборудования, рабочих и контрольных приспособлений, режущего инструмента.

Тема 13: Технология сборки.

1. Назначение и сущность процесса сборки.

Процесс сборки является заключительным этапом изготовления машины, в значительной степени определяющим её основные эксплуатационные качества. Условия достижения высоких эксплуатационных качеств автомобиля не ограничиваются созданием её удачной конструкции или применением высококачественных материалов для изготовления её деталей. Процесс изготовления автомобиля может гарантировать достижение всех требуемых эксплуатационных показателей, а также надежность и долговечность в эксплуатации лишь при условии высококачественного проведения всех этапов сборки, регулировки и испытании изготавливаемого изделия.

Это связано с тем, что в процессе сборки вполне доброкачественных изделий по разным причинам могут возникать погрешности взаимного расположения деталей, существенно снижающие точность и служебное качество собираемого автомобиля. Причинами возникновения таких погрешностей могут быть: ошибки, допускаемые рабочими при ориентации и фиксации установленного положения собираемых деталей; погрешности установки калибров и измерительных средств, применяемых при сборке, погрешности регулирования, пригонки и контроля точности положения детали в машине; относительные сдвиги деталей в промежутке времени между их установкой и фиксацией; образование задиров на сопрягаемых поверхностях детали; упругие деформации сопрягаемых деталей при их установке и фиксации, а также пластические деформации поверхностей сопрягаемых деталей, нарушающие их точность и плотность соединений.

Выполнение сборочных работ связано с большой затратой времени. В зависимости от типа производства, затраты времени на сборочные работы составляют для массового производства 20...30%, для единичного и мелкосерийного 35...45%.

Следует отметить, что от 50 до 85% сборочных операций выполняется вручную, что требует высокой квалификации рабочих.

2. Классификация видов сборки.

Сборка – это образование разъемных или неразъемных соединений составных частей изделия. Сборка может осуществляться простым соединением деталей, их запрессовкой, свинчиванием, сваркой, пайкой, клейкой и т.д. По своему объему сборка подразделяется на общую сборку, объектом которой является изделие в целом и на узловую сборку – составную часть изделия, т.е. сборочная единица.

В условиях единичного и мелкосерийного типов производства основная часть сборочных работ выполняется на общей сборке. С увеличением серийности производства сборочные работы дробятся по отдельным сборочным единицам, а в целях массового производства объем узловой сборки становится равным объему общей сборки. Это в значительной степени способствует механизации и автоматизации сборочных работ и повышает их производительность.

По стадиям процесса сборки подразделяется на предварительную, промежуточную, сборку под сварку, окончательную.

Предварительная сборка – это сборка деталей или изделие в целом, которое в последующем подлежит разборке. Например, предварительная сборка узла с целью определения размера неподвижного компенсатора.

Промежуточная сборка – это сборка заготовок, выполняемая для дальнейшей их совместной обработки. Например, предварительная сборка корпуса редуктора с крышкой для последующей совместной обработки отверстий под подшипники.

Сборка под сварку – сборка деталей для их последующей сварки. Большой объем сборочных работ с применением сварки выполняется при изготовлении, например, кузовов и кабин автомобилей. В процессе сварки основание, кабина и другие элементы кузова удерживаются в специальных приспособлениях фиксаторами, а затем свариваются.

Окончательная сборка – сборка изделия или его составной части, после которой не предусмотрена его последующая разборка при изготовлении.

3. Технологические методы обеспечения точности сборки.

Точность сборки сопряжений может быть обеспечена следующим методами:

- 1) методом полной взаимозаменяемости;
- 2) неполной взаимозаменяемости;
- 3) групповой взаимозаменяемости;
- 4) регулирование и пригонка.

Метод полной взаимозаменяемости – это метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается у всех объектов путем включения в неё составляющих звеньев без выбора или изменения из значений.

Метод полной взаимозаменяемости целесообразен при серийном и массовом производстве при коротких размерных цепях (сопряжение вал-втулка) и отсутствии жестких допусков на размер замыкающего звена.

Любая деталь, изготовленная по принципу полной взаимозаменяемости, может быть использован при сборке без всяких подгонки или подбора или многозвенных размерных цепей такой метод экономически не выгоден, так как приводит к необходимости назначения весьма жестких допусков на размеры составляющих звеньев.

Сущность метода неполной взаимозаменяемости состоит в том, что требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается не у всех объектов, а у заранее обусловленной их части без дополнительного подбора, выбора или изменения взаимозаменяемости, за счёт чего устанавливаются более широкие допуски на все составляющие звенья сборочной размерной цепи. У некоторой части объектов отклонение замыкающего звена может выйти за пределы установленного запаса, и, следовательно, имеет место определенный риск.

Сборка методом неполной взаимозаменяемости целесообразно в серийном и массовом производстве.

Особенность метода групповой взаимозаменяемости состоит в том, что требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается путем

включения в неё составляющих звеньев, принадлежащих у одной из групп, на которые они предварительно рассортированы. В этом случае средняя величина допуска составляющих звеньев при решении задачи будет:

$$\Delta_{\text{ср}} = n \cdot \delta'_{\text{ср}},$$

где n – число групп, на которые надо сортировать составляющие звенья.

Таким образом, определив среднюю величину производственного допуска $\delta_{\text{ср}}$ путем увеличения в n раз средней величины допуска $\delta_{\text{ср}}$, подсчитанного для метода полной взаимозаменяемости устанавливаем расширенные, экономически целесообразные допуски на размер каждого из составляющих звеньев.

В серийном производстве детали сортируют на размерные группы с помощью калибров, в массовом – с помощью сортировочных автоматов. Сборку деталей каждой группы ведут по методу полной взаимозаменяемости (сборка блока цилиндров с поршнями, шатуна с поршневыми пальцами и др.)

Сборка по методу групповой взаимозаменяемости носит название селективной сборки. Этот метод позволяет значительно повысить точность сборки без существенного требований к точности механической обработки деталей или расширить допуски на механическую обработку без снижения точности обработки

Метод пригонки состоит в том, что требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается изменением компенсирующего звена путем слоя металла. Основными слесарно-пригоночными работами являются опилование, шабрение, обработка отверстий по месту, полирование, притирка и зачистка.

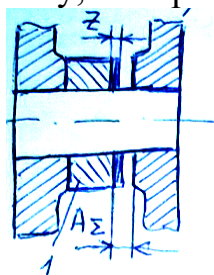


Рисунок 13.1 – Достижение точности замыкающего звена методом пригонки

Заданный зазор A_{Σ} достигается пригонкой по толщине детали 1, при изготовлении которой заранее оставляют припуск Z на пригоночные работы. Пригонка очень трудоёмка и этот метод целесообразен в единичном и мелкосерийном производстве. В процессе пригонки часто приходится проводить предварительную сборку, проверку правильности положения сопрягаемых деталей и определять степень необходимой пригонки компенсирующего звена.

При сборке методом регулирования требуемая точность замыкающего звена достигается изменением размера или положения компенсирующего звена без удаления с компенсатора материала.

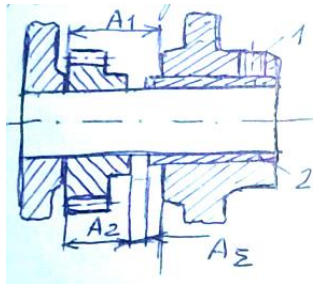


Рисунок 13.2 – Достижение точности замыкающего звена методом регулирования

Например, перемещением втулки 2 в осевом направлении достигается требуемый размер A_{Σ} замыкающего звена. После регулировки втулка, называемая компенсатором, стопорится винтом 1. Для достижения необходимого зазора в соединении в качестве компенсатора может использоваться шайбы, прокладки, втулки с резьбой, эксцентрики (при регулировке тормозных колодок) и др. Сборка методом регулирования имеет следующие преимущества: универсальность (метод применим независимо от числа звеньев в цепи); простота сборки, отсутствие пригоночных работ, возможность регулирования соединения в процессе эксплуатации автомобиля.

4. Исходные данные и последовательность проектирования технологического процесса сборки.

Для разработки технологического процесса сборки необходимы следующие исходные данные:

- 1) описание служебного назначения изделия и технические условия на его приемку;
- 2) сборочные чертежи изделия и сборочных единиц;
- 3) данные о программе выпуска изделия.

Разработка технологического процесса сборки начинается с изучения служебного назначения и конструкции изделия, условий работы и технологических условий его приёма.

При изучении конструкции производится технологический анализ сборочных чертежей (правильность простановки размеров и т.д.). Технолог должен ознакомиться с рабочими чертежами деталей, входящих в сборочный чертеж.

Глубина разработки технологического процесса сборки определяется типом производства и программой выпуска. При малых выпусках изделий разработка процесса представляет собой лишь общую наметку сборочных операций. При массовом производстве технологический процесс разрабатывают детально с проектированием операционной технологии.

На основании изучения исходных данных составляется технологическая схема общей сборки и сборки сборочных единиц. Технологические схемы сборки являются отправными для разработки технологических процессов сборки.

Для сложных изделий на основании технологических схем сборки разрабатывают технологические процессы сборки отдельных групп и подгрупп, а затем процесс общей сборки.

Для каждого технологически неделимого элемента, выявленного при расчленении процесса сборки объекта, определяют оперативное время. Сумма оперативного времени сборки элементов, соединенных в последовательном порядке в операции, должна быть равна действительному темпу сборки. Если оперативное время окажется больше темпа, то его стремятся сделать кратным темпу и выполняют данную операцию параллельным дублированием сборочных рабочих мест.

Действительный темп τ_d , мин при поточной сборке:

$$\tau_d = (T_{\text{см}} - T_{\text{обс}} - T_{\text{пер}}) / N_{\text{см}},$$

где $T_{\text{см}}$ – длительность рабочей смены;

$T_{\text{обс}}$ – потери времени на обслуживание рабочих мест;

$T_{\text{пер}}$ – потери времени на регламентированные перерывы;

$N_{\text{см}}$ – заданный сменный выпуск, штук.

5. Организационные формы сборки.

По перемещению собираемого изделия сборка подразделяется на стационарную и подвижную, по организации производства – на непоточную, групповую и поточную.

Непоточная стационарная сборка характеризуется тем, что весь процесс сборки и его сборочных единиц выполняется на одной сборочной позиции: стенде, станке, рабочем месте. Все детали, сборочные единицы и комплектующие изделия поступают на эту позицию.

Этот вид сборки может выполняться без расчленения сборочных работ, когда вся сборка изделия производится одной бригадой рабочих-сборщиков последовательно. К достоинствам этого метода относятся:

- 1) сохранение неизменного положения основной базовой детали, что способствует достижения высокой точности собираемого изделия;
- 2) использование универсальных транспортных средств, приспособлений и инструментов, что сокращает продолжительность и стоимость подготовки производства.

Недостатки этого метода являются:

- 1) длительность общего цикла сборки;
- 2) потребность в высококвалифицированных рабочих, способность выполнять любую сборочную операцию;
- 3) увеличение потребности в больших сборочных стенах и высоких помещениях сборочных цехов.

Областью применения стационарной неподвижной сборки является единичное и мелкосерийное производство.

Непоточная стационарная сборка с расчленением сборочных работ предполагает дифференциацию процесса на узловую и общую сборку.

Сборка каждой сборочной единицы и общая сборка выполняются в одно и то же время разными бригадами сборщиками. Собираемая машина остается неподвижной на одном станке. В результате такой организации длительность процесса сборки значительно сокращается.

Областью экономичного использования данного вида сборки является серийное производство.

Непоточная подвижная сборка характеризуется последовательным перемещением собираемого изделия от одной позиции к другой. Перемещение собираемого объекта от одной рабочей позиции к другой может быть свободным или принудительным.

Сборка свободным перемещением собираемого объекта заключается в том, что рабочий, закончив свою операцию, перемещает собираемую сборочную единицу на следующую рабочую позицию.

Сборка с принудительным передвижением собираемого объекта состоит в том, что объект сборки передвигается при помощи конвейера.

Поточная сборка характеризуется тем, что при построении технологического процесса сборки отдельные операции процесса выполняются за одинаковый промежуток времени – такт, или за промежуток времени кратный такту. При этом на более продолжительных операциях параллельно работает несколько рабочих-сборщиков.

Главным условием организации поточной сборки является обеспечение взаимосвязи собираемых узлов и отдельных деталей.

В случае необходимости использования пригоночных работ они должны осуществляться за пределами потока на операциях предварительной сборки.

Поточная стационарная сборка является одной из форм поточной сборки и применяется при сборке крупных изделий (самолеты). При этом виде сборки все собираемые объекты остаются на рабочих позициях в течение всего процесса сборки. Рабочие по сигналу все одновременно переходят от одних собираемых объектов к следующим через периоды времени равные такту. Каждый рабочий выполняет закрепленную одну и ту же операцию.

Поточная подвижная сборка – при массовом производстве. Данный вид сборки может быть осуществлен с непрерывно и периодически перемещающимися объектами. Преимуществами поточной подвижной сборки являются выполнение работы с требуемым тактом и возможность почти полного совмещения времени, затрачиваемого на транспортирование объектов, со временем их сборки.

6. Составление технологических схем сборки.

Для определения последовательности сборки изделия и его узлов разрабатывают технологические схемы сборки.

Последовательность сборки в основном определяется конструкцией изделия, компоновки деталей методами достижения требуемой точности и может быть предоставлена в виде технологической схемы сборки, являющейся условным изображением порядка комплектования изделия и узлов при сборке. На этих схемах каждый элемент изделия обозначен прямоугольником, в котором указывается наименование составной части, ее индекс и количество.

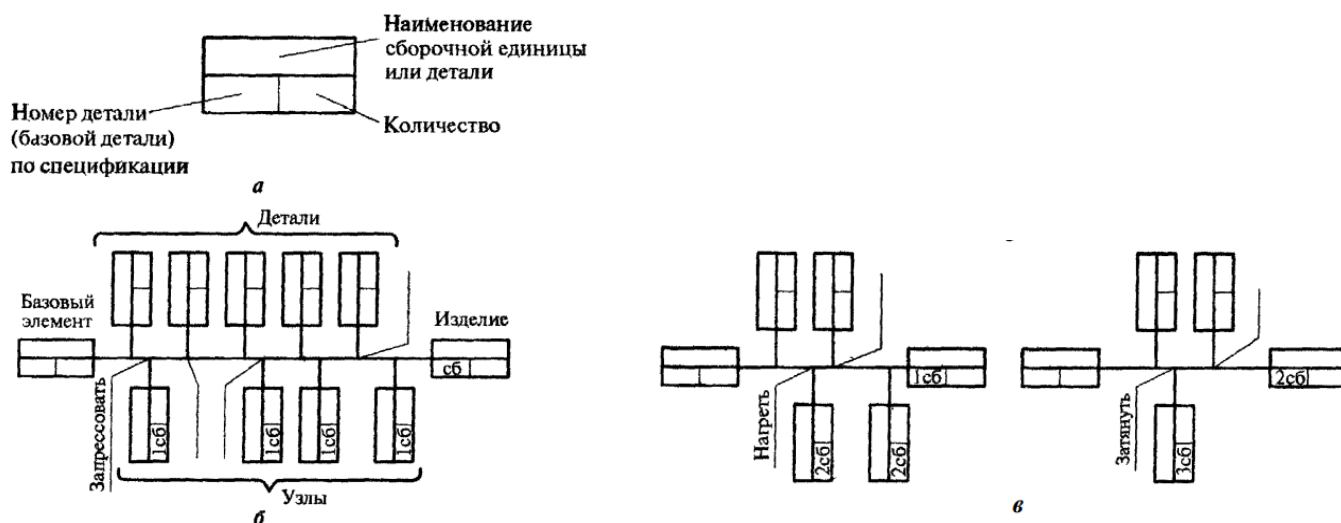


Рисунок 13.3 – Технологические схемы сборки: а – изображение детали (сборочной единицы); б – общая сборка; в – узловая сборка

Деталь (или ранее собранная сборочная единица), с которой начинают сборку изделия, называется базовой деталью. Процесс сборки изображается на схеме горизонтальной линией от базовой детали до готового изделия. Выше горизонтальной линии в порядке последовательности показываются прямоугольники, условно обозначающие детали, а ниже условно изображающие сборочные единицы. Каждому узлу присваивается номер его базовой детали (например, сб. ед.1 – узел с базовой деталью). Технологические схемы сборки узла сопровождаются подписями (например, запрессовать, сварить и т.д.)

Технологические схемы дают возможность мастеру и слесарю-сборщику быстро ориентироваться в последовательности сборки имеющихся деталей, не отступая от технологического процесса. При выделении сборочных единиц одним из условий является возможность сборки каждой сборочной единицы независимо от других.

После разработки схемы сборки устанавливается состав необходимых сборочных, регулировочных, пригоночных и контрольных работ и определяется содержание технологических операций и переходов.

7. Проектирование сборочных операций.

Сборочные операции проектируют на основе технологических схем сборки. При формировании технологической операции в ее состав по возможности включаются однородные работы, что способствует специализации сборщиков и повышению производительности их труда. В целях синхронизации операций, необходимой для поточной сборки, состав технологической операции устанавливается с учетом трудоемкости отдельных элементов сборочных работ. При трудоемкости операции, превышающей установленный такт, операции расчленяются и из ее состава выделяются отдельные переходы и переносятся в другие операции, имеющие трудоемкость меньше такта сборки.

Проектируя сборочную операцию, уточняют содержание технологических переходов, определяют схему базирования, выбирают технологическое оборудование, приспособления, рабочий и измерительный инструмент, устанавливают режимы работы, норму времени и разряд работы.

При проектировании сборочных операций выполняют необходимые технологические расчеты для выбора технологического оборудования, технологической оснастки и режимов работы. Рассчитывают также усилие запрессовки. Режим нагрева или охлаждения при соединении деталей и т.д.

Разработанный технологический процесс поточной сборки в автомобилестроении должен быть эффективен для заданных условий.

Оценку эффективности можно производить по ряду показателей:

1. Коэффициент загрузки сборочного рабочего места

$$K_{p.m} = \frac{T_{шт}}{T_d \cdot B}, \quad T_d = \tau_d$$

где $T_{шт}$ – штучное время выполнения сборочной операции;

B – количество рабочих на сборочном месте.

2. Производительность сборочного рабочего места

$$Q = \frac{T \cdot B}{T_{шт}},$$

где Q – производительность (часовая, сменная) в штуках собираемых объектов;
 T – рабочее время к которому отнесена производительность.

3. Средний коэффициент загрузки сборочной линии

$$K_{с.л} = \frac{1}{n_{р.м}} \sum_{1}^{к.р.м} K_{р.м}$$

где $n_{р.м}$ – число рабочих мест на сборочной линии;
 $K_{р.м}$ – коэффициент загрузки n -ого рабочего места.

4. Коэффициент трудоемкости сборочного процесса

$$K_{с.б} = \frac{T_{с.б}}{\sum T_d}$$

где $T_{с.б}$ – трудоемкость процесса сборки;
 $\sum T_d$ – суммарная трудоемкость технологических процессов изготовления деталей, входящих в сборочную единицу.

5. Сравнение себестоимостей вариантов технологического процесса.

Суммируя себестоимость выполнения отдельных операций, получаем общую себестоимость сборки узла или изделия.

8. Механизация и автоматизация процессов сборки.

В автомобилестроении преобладает поточно-автоматизированное производство и поэтому имеются благоприятные условия для механизации и автоматизации процессов сборки. Трудоемкость сборки в автомобилестроении составляет 28% общей трудоемкости изготовления автомобиля. На автомобильных заводах США до 50% рабочих выполняют сборочные операции.

Для механизации технологических процессов сборки широкое применение получили различные гайковерты, пневмо- и гидро- скобы, электромолотки и иные устройства.

Значительное снижение трудоемкости сборки достигается применением автоматизированных сборочных линиях различных транспортирующих устройств: бункеров, магазинов, вибротранспортеров и д.р.

При организации автоматической сборки изделия, выпускающегося методами ручной сборки требуется существенная переработка его конструкции: базовая деталь должна быть устойчивой с низко расположенным центром тяжести, желательно объединить конструкции нескольких деталей в одну более сложную, что позволяет уменьшить количество сборочных операций; придать собираемым деталям симметричные и простые формы (это во многом упрощает загрузочные,

ориентирующие, фиксирующие и транспортирующие устройства сборочных автоматов).

При автоматической сборке наибольшее применение находит метод полной взаимозаменяемости (для короткозвенных размерных цепей). Метод обеспечивает наиболее простую конструкцию сборочного оборудования.

Метод неполной взаимозаменяемости для короткозвенных размерных цепей находит ограниченное применение при автоматической сборке ввиду возможности появления брака и заклинивания деталей в процессе их сборки. Экономически целесообразно применять этот метод для размерных цепей, у которых число звеньев находится в пределах 5...10.

Метод групповой взаимозаменяемости (селективная сборка) в автоматической сборке применяется тогда, когда необходимо обеспечить весьма высокую точность сопряжения деталей (подшипники качения). Схема автоматического оборудования с использованием данного метода значительно усложняется за счет введения измерительно-сортировочных устройств.

Метод регулирования при автоматической сборке имеет ограниченное применение. Схема и конструкция оборудования усложняется за счет введения регулировочных и контрольных устройств.

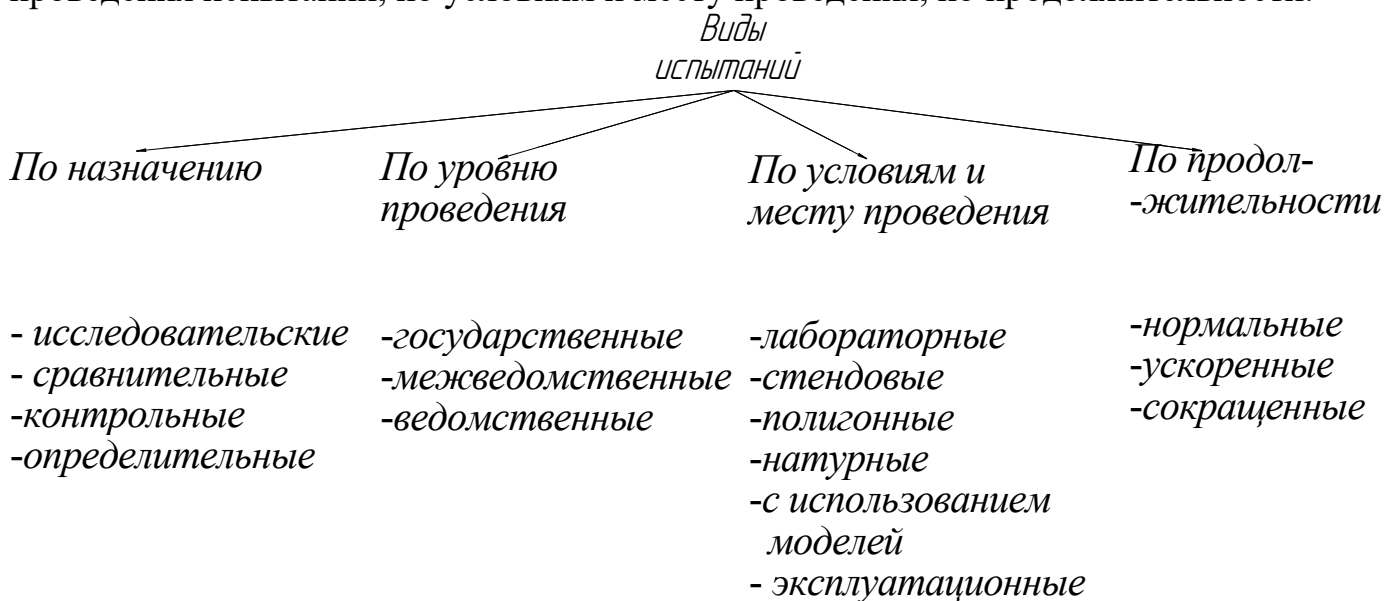
Метод пригонки при автоматической сборке не целесообразен.

Тема 14: Испытание деталей, агрегатов, автомобилей.

1. Классификация испытаний

Под испытанием понимают экспериментальное определение количественных или качественных характеристик объекта при различных воздействиях на него во время функционирования при моделировании ситуаций.

Виды испытаний классифицируются по следующим признакам: по уровню проведения испытаний, по условиям и месту проведения, по продолжительности.



По назначению:

- 1) исследовательские испытания проводятся для изучения определенных характеристик объекта (надежность и т.д.)
- 2) при сравнительных испытаниях сравниваются характеристики одинаковых объектов.
- 3) при контрольных испытаниях оценивается качество объекта.
- 4) определительные испытания проводят для определения значений характеристик объекта с заданной точностью.

По уровню проведения:

- 1) государственные испытания – проводятся для важнейших видов продукции государственной комиссией.
- 2) межведомственные – проводятся представителями ведомств.
- 3) ведомственные – проводятся комиссиями обычного ведомства.

По условиям и месту проведения:

- 1) лабораторные испытания проводятся в лабораторных условиях на специальных лабораторных установках, испытательных машинах;
- 2) стендовые испытания проводят на стендах, имитирующих работу узла, агрегата, автомобиля;
- 3) полигонные проводят на полигонах – специально построенных объектах, имитирующих различные условия эксплуатации автомобиля;
- 4) натурные испытания проводят в условиях использования объекта по прямому назначению;
- 5) испытания с использованием моделей предполагают выполнение расчетов на математических или физико-математических моделях;
- 6) эксплуатационные испытания проводятся при эксплуатации объекта.

По продолжительности:

В зависимости от задач, целей и сроков испытания могут быть:

- 1) нормальными – информация о характеристиках объекта собирается за срок, предусмотренный условиями эксплуатации.
- 2) ускоренными – получение информации осуществляется за более короткий срок.
- 3) сокращенными – программа испытаний сокращается.

Для проведения испытаний разрабатывают программу и методику.

Программа испытаний – это организационно-методический документ, устанавливающий объект и цели испытаний, виды, последовательность и объем проводимых экспериментов, условия, место и сроки проведения испытаний, ответственность за проведение испытаний.

Методика испытаний – это организационно методический документ, включающий метод испытаний, средства и условия испытаний, отбор проб, требования к технике безопасности и т.д.

По результатам испытаний составляется протокол, который содержит сведения об объекте испытаний, примененных методах, средствах и условиях, а также заключение по результатам испытаний.

2. Испытание деталей

Детали испытывают на точность, прочность, жёсткость, теплостойкость, виброустойчивость.

Испытания деталей проводят на экспериментальных установках, которые позволяют испытывать образцы, использовать форсированные режимы, проводить точные измерения, а на натурных узлах и машинах выполнять испытания в условиях, близким к эксплуатационным.

Испытания деталей на точность проводят как при разработке метода изготовления, так и на производстве. Проверяют геометрическую точность (размеры, шероховатость и т.д.).

Испытания деталей на прочность проводятся в рамках исследовательских испытаний для определения напряженного состояния, а также статической, циклической и ударной прочности.

Испытания деталей на изнашивание являются наиболее важными, так как износ – это одна из главных причин выхода деталей из строя. Износ деталей оценивается при лабораторных, стендовых и эксплуатационных испытаниях. Оценка износа производится микрометрированием (измерения микрометром), взвешиванием (износ оценивается потерей массы), спектральным анализом.

Метод искусственных баз дает возможность оценивать значение износа по определению размеров искусственно нанесенных углублений (лунки, отверстия).

3. Испытание агрегатов

Виды и режимы испытаний агрегатов автомобилей регламентированы стандартами. Испытания, как правило, совмещаются с приработкой и выполняются на одном стенде.

Целью приработки и испытания является подготовка агрегатов к восприятию эксплуатационных нагрузок, выявлению дефектов связанных с качеством изготовления деталей и сборки агрегатов.

Приработка и испытание деталей проводятся на обкаточно-тормозных стендах переменного тока, включающих устройство вращения двигателя в период холодной обкатки и для поглощения мощности двигателя во время горячей обкатки, а также дополнительное оборудование, обеспечивающее двигатель топливом, охлаждающей водой и смазкой.

В ходе контрольных испытаний проверяется, нет ли резких стуков и шумов, течи масла, воды или топлива, подсоса воздуха через прокладку впускной трубы и карбюратора.

Обкатка и испытание двигателя состоит из этапов:

- 1) холодная приработка путем вращения электромотора;
- 2) горячая приработка двигателя на холостом ходу;
- 3) горячая приработка под нагрузкой;
- 4) приёмка двигателя.

Режим приработки устанавливается техническими условиями.

Приемо-сдаточные испытания проходят все автомобильные двигатели после приработки на испытательной стадии. Целью приемо-сдаточных испытаний является

оценка качества сборки и приработки двигателя. На этом этапе проверяется комплектность двигателя, затяжка всех наружных резьбовых соединений, уровень масла и т.д.

В коробках передач проверяют качество изготовления отдельных деталей и качества сборки в целом. Испытания проводят как под нагрузкой, так и без нагрузки на всех передачах при частоте вращения первичного вала $900 \dots 1000 \text{ мин}^{-1}$, затем при $1400 \dots 1500 \text{ мин}^{-1}$. На тех же частотах проводят испытания под нагрузкой в течение $2 \dots 3$ мин на каждой передаче. В ходе испытаний проверяют наличие подтекания масла, наличие стуков, шумов, ударов. Для испытаний коробок передач используются стенды: электромагнитные с синхронным электродвигателем и др.

Задние мосты испытывают с нагрузкой и без нагрузки, как правило, на стенде с асинхронным двигателем. Целью испытаний является выявление шумов, для чего проводят испытания без и под нагрузкой в течение $10 \dots 15$ мин. При испытаниях регулируют тормозные механизмы и проверяют работу главной передачи и дифференциала.

4. Испытание автомобилей

Испытания автомобилей проводятся в соответствии с инструкцией на сборку, обкатку и приемку автомобилей.

Инструкция устанавливает контрольные параметры, которые проверяются на автомобиле, собранном в условиях конвейера, а также методы обкаточных испытаний перед сдачей в отдел сбыта.

Каждый собранный автомобиль перед проверкой контрольных параметров и обкаткой подвергается наружному осмотру. При осмотре проверяется комплектность автомобиля, выявляются внешние дефекты.

При проверке контрольных параметров руководствуются теоретической документацией и контролируют: давление в шинах, регулировку тормозов, регулировку фар, антиблокировочную систему тормозов, электрооборудование и т.д.

После осмотра и проверки контрольных параметров проводят обкатку и испытание автомобиля: прослушивается двигатель, проверяется действие привода тормозного крана и стояночного тормоза, работа АБС тормозов и системы ограничения скорости, рулевого управления и его привода, привода сцепления привода управления коробкой передач, электрооборудования, световой и звуковой сигнализации, стеклоочистителя, герметичность системы охлаждения, подогрева.

Обкатка автомобиля проводится на всех передачах из условия максимальной скорости, пробег должен быть не менее 5 км.

Замеченные отклонения фиксируются в технологическом паспорте сборки, испытание и сдачи автомобиля и должны быть устранены.

Тема 15: Технологическое обеспечение качества изделий

1. Качество продукции

Качество продукции – совокупность свойств продукции, удовлетворяющих определенным потребностям в соответствии с её назначением. Имеется стандарт качества ISO 5000.

Качество продукции охватывает не только потребительские, но и технологические свойства, конструктивно-художественные особенности, надежность, стандартизацию и унификацию. Имеются показатели качества, которые могут быть абсолютными, относительными или удельными.

Относительная характеристика качества продукции, основанная на сравнении её с соответствующей совокупностью базовых показателей, называется уровнем качества продукции. При оценке уровня качества используются как технические, так и экономические показатели.

Критерием эффективности качества продукции может служить интегральный показатель качества: соотношение суммарного полезного эффекта от эксплуатации продукции к суммарным затратам на её создание и эксплуатацию.

Управление качеством продукции осуществляется систематическим контролем над соответствием показателей качества стандартам, техническим условиям, применяемого оборудования, сырья и т.д. Большое значение имеют экономические методы планирования, стимулирования, ценообразования и т.д.

Очень важным в управлении качеством продукции является обоснованное задание на выпуск продукции.

Особое значение в обеспечении качества продукции принадлежит стандартизации. Комплексная стандартизация сырья, материалов, комплектующих и готовой продукции – это эффективное средство повышения качества. Стандартизация устанавливает оптимальные показатели качества, приемы контроля и испытаний, режимы технического обслуживания, ремонта и т.д.

На каждое разрабатываемое изделие составляют технические условия, где указывают комплекс технических требований к продукции, правила ее приемки и поставки, методы контроля, условия эксплуатации, транспортирования и хранения.

На предприятиях разрабатывают стандарты качества в соответствии с требованиями государственных и отраслевых стандартов. Они регламентируют проведение всех мероприятий по повышению технического уровня качества продукции, устанавливают порядок действия и ответственность каждого исполнителя.

Главными условиями системы управления качеством продукции являются: разработка, подготовка производства новой продукции, снятия с производства, замена или модернизация морально устаревшей продукции.

2. Показатели качества

Показатели качества продукции можно разделить на 3 группы:

1) технический уровень, определяющий степень совершенства автомобиля: мощность, производительность, экономичность и др.;

2) производственно-технологические показатели, обеспечивающие оптимальные затраты труда и средств на изготовление изделия, его эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт;

3) эксплуатационные показатели: надежность, эргономичность, характеристика или степень учета комплекса гигиенических и других потребностей человека в системе человек-машина, эстетическая оценка и др.

Показатели качества позволяют дать количественную характеристику свойств изделия. Различают единичные и комплексные показатели. Единичный показатель (экономичность изделия, производительность) относится только к одному из свойств. Комплексный показатель характеризует изделие по нескольким оцениваемым свойствам. Применяют также интегральный показатель оценивающий эффективность машины в целом. Это отношение общего полезного эффекта от эксплуатации автомобиля к суммарным затратам на его создание и эксплуатацию за весь срок службы.

Установлена следующая номенклатура основных групп показателей качества, характеризующий свойства продукции: показатели назначения, надежности (безотказность, долговечность, ремонтпригодность), эргономические показатели, эстетические показатели, показатели технологичность, показатели стандартизации и унификации, экологические показатели, показатели безопасности.

Экономические показатели: затраты на изготовление и испытание опытных образцов, себестоимость продукции, затраты на расходуемые материалы при эксплуатации.

Одним из важнейших факторов в области управления качеством продукции является ее аттестация и сертификация, которые должны проводиться систематически.

Тема 16: Основные направления развития технологии автомобилестроения

Производство автомобилей является ведущей отраслью машиностроения, оказывающее существенное влияние на экономику страны. Именно автомобилестроение способствовало превращению США, Японии, Франции, Германии и др. в высокоразвитые промышленные страны.

Главным следствием отставания технологии производства автомобилей в нашей стране и в СНГ стало снижение как надежности так и качества автомобилей. Большие проблемы стоят с экономической безопасностью.

При разработке конструкции автомобиля конструктор должен уметь использовать новейшие достижения науки и техники для получения требуемых параметров изделия с наименьшими затратами при его изготовлении. Следует ориентироваться на малоотходное производство, современные технологии и автоматизированные средства производства.

В области повышения эффективности производства в современных условиях ведущими являются два направления:

1. Проектирование конструкции изделий таким образом, что бы они были максимально подготовлены к производству без дальнейшей их доработки, т.е. обработка конструкции на технологичность;

2. Широкое применение метода параллельного проектирования изделий с использованием компьютерных информационных технологий.

Процесс проектирования конструкций, технологий производства, технологической оснастки, инструмента, планирования производства и ряд других задач, выполняются с помощью компьютерных программ.

До начала проектирования нового изделия изучается рынок. Жизненный цикл изделия, как правило, включает следующие этапы:

- 1) планирование продукта;
- 2) конструирование изделия и его узлов;
- 3) проектирование производственных процессов;
- 4) производство продукции;
- 5) маркетинг и распространение продукта;
- 6) использование продукта;
- 7) переработка и утилизация продукта.

В настоящее время многие фирмы работают над созданием интегрированных производств, сочетающих информационные и производственные технологии, так называемые кибернетические системы, где автоматизированы все элементы жизненного цикла изделий – от маркетинга до хранения и сбыта продукции.

Использование информационных технологий и компьютерных моделей позволяют минимизировать время от начала конструирования до его получения заказчиком.

Учитывая быстроменяющиеся требования рынка, большое внимание уделяется созданию перенастраиваемых автоматизированных производственных систем.

Для обеспечения высокого уровня потребительских свойств автомобильной техники очень важна высокая квалификация конструкторов.

В создании автомобильной техники, обеспечения его высоких эксплуатационных свойств, прежде всего прочности и долговечности, значительная роль принадлежит технологии. При создании новых изделий должны быть тщательно разработаны отдельные технологические стадии изготовления автомобиля.

При проектировании новых деталей надо стремиться к тому, что бы они были технологичны.

И конструкторы, и технологи, участвующие в проектировании и изготовлении деталей, должны знать, что окончательные свойства изделий формируются на протяжении всего технологического процесса, начиная от выбора материала и заготовки и заканчивая сборкой. Каждая технологическая операция и технологический процесс влияют на структуру и свойства материала. И, как правило, это воздействие проявляется на последующих операциях. И это необходимо максимально использовать.

Анализ производства автомобилей показал, что если в заготовительном, механообрабатывающем производстве произошли очень большие изменения в структуре технологического оборудования, что привело к существенному сокращению ручного труда и повышению качества продукции путем внедрения полуавтоматов, автоматов, автоматических линий, то в сборочном производстве ручной труд остается преобладающим.

Качество сборочного процесса непосредственно влияет на качество готовой продукции и лучше всего обеспечивается автоматической сборкой, однако уровень автоматизации сборки остается низким. Трудоемкость сборки остается 25...5% от общей трудоемкости изготовления машин. Анализ путей развития автоматизации и сборки показал, что сократить трудоемкость сборки можно на 50...55%.

Основные направления повышения производительности сборки – устранение пригоночных работ, рациональное построение технологического процесса, механизация и автоматизация. Конструкция автомобиля должна обеспечивать его сборку из предварительно собранных узлов, что позволяет осуществлять параллельную сборку и испытание узлов, сокращая продолжительность цикла сборки.

Кадровые ресурсы Республики Беларусь, а также ее огромный научно-технический потенциал могут стать базой создания высокоэффективных конструкций автомобилей новых поколений.

РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Перечень вопросов к экзамену по дисциплине «Технология автомобилестроения»

1. Основные понятия и определения.
2. Производственный и технологический процессы.
3. Концентрация и дифференциация технологических процессов.
4. Типы автомобилестроительного производства.
5. Общие требования к заготовкам.
6. Изготовление заготовок литьём в земляные формы.
7. Изготовление заготовок литьём в металлические формы (кокили).
8. Изготовление заготовок центробежным литьём
9. Изготовление заготовок литьём под давлением.
10. Получение заготовок литьём в оболочковые формы.
11. Получение заготовок литьём по выплавляемым моделям.
12. Изготовление заготовок свободной ковкой и горячей объемной штамповкой.
13. Изготовление заготовок холодной объемной штамповкой (высадка).
14. Холодная листовая штамповка.
15. Поперечно-винтовая прокатка.
16. Заготовки из проката, сварные заготовки.
17. Получение заготовок из неметаллических материалов.
18. Изготовление заготовок методом порошковой металлургии.
19. Экономическое обоснование выбора заготовки.
20. Основные понятия и определения базирования при механической обработке.
21. Основные принципы выбора баз. Принципы совмещения и единства (постоянства) баз.
22. Погрешность базирования при установке детали на станок.
23. Характеристика точности.
24. Факторы, влияющие на точность обработки.
25. Погрешность обработки. Методы анализа погрешностей обработки.
26. Достижимая и экономическая точность обработки.
27. Качество поверхности и её характеристики.
28. Параметры шероховатости и методы их оценки.
29. Формирование и строение поверхностного слоя.
30. Физико-механические свойства поверхностного слоя.
31. Влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей.
32. Основные понятия и определения припусков на обработку.
33. Методы определения припусков, составляющие припусков.
34. Характеристика видов обработки.
35. Обработка лезвийными инструментами.
36. Обработка абразивными инструментами.
37. Обработка поверхностным пластическим деформированием.
38. Электрофизическая и электрохимическая обработка.
39. Назначение приспособлений.
40. Элементы технологических приспособлений.
41. Зажимные устройства приспособлений.

42. Расчёт сил зажима.
43. Силовые приводы приспособлений и их характеристика.
44. Корпусные детали приспособлений.
45. Элементы для направления режущего инструмента.
46. Отработка конструкции на технологичность.
47. Показатели технологичности и их определение.
48. Технологичность конструкций исходя из условий обработки резанием.
49. Автоматизация технологических процессов обработки резанием.
50. Технологические возможности станков с ЧПУ.
51. Изготовление деталей в гибких производственных системах.
52. Промышленные роботы.
53. Особенности конструкции и обработки корпусных деталей.
54. Особенности конструкции валов.
55. Типовые технологические процессы обработки валов.
56. Требования к зубчатым колесам.
57. Материалы для изготовления зубчатых колес и методы получения заготовок.
58. Типовая схема технологического процесса изготовления зубчатых колёс.
59. Методы нарезания зубьев цилиндрических зубчатых колёс.
60. Отделочные методы обработки зубьев зубчатых колес.
61. Закругление зубьев зубчатых колес.
62. Технология изготовления конических зубчатых колес.
63. Исходные данные и этапы разработки технологических процессов.
64. Выбор технологического оборудования.
65. Выбор технологической оснастки и средств контроля.
66. Формы организации технологических процессов.
67. Разработка групповых технологических процессов.
68. Разработка типовых технологических процессов.
69. Расчёт режимов обработки.
70. Трудоемкость технологических операций.
71. Технологическая документация.
72. Назначение и сущность процесса сборки.
73. Классификация видов сборки.
74. Технологические методы обеспечения точности сборки.
75. Исходные данные и последовательность проектирования технологического процесса сборки.
76. Организационные формы сборки.
77. Составление технологических схем сборки.
78. Проектирование сборочных операций.
79. Механизация и автоматизация процессов сборки.
80. Классификация испытаний.
81. Испытание деталей.
82. Испытание агрегатов.
83. Испытание автомобилей.
84. Качество продукции.
85. Показатели качества.
85. Основные направления развития технологии автомобилестроения.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ А.Н. Парфиевич

_____ 2025

Регистрационный № УД-_____/уч.

Технология автомобилестроения

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности

6-05-0715-07 Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин
и комплексов

профилизация

Автосервис

Техническая эксплуатация автомобилей

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 6-05-0715-07-2023, и учебных планов специальности и специализации.

СОСТАВИТЕЛИ:

Сокол В.А., старший преподаватель кафедры машиностроения и эксплуатации автомобилей;

Парфиевич А.Н., проректор по учебной работе, кандидат технических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Ларченко Д.С., технический директор ООО «Машиностроительное предприятие «КОМПО»»;

Горбунов В.П., доцент кафедры машиноведения учреждения образования «Брестский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой машиностроения и эксплуатации автомобилей
Заведующий кафедрой С.В. Монтик
(протокол № 10 от 11.04.2025);

Методической комиссией машиностроительного факультета
Председатель методической комиссии В.П. Горбунов
(протокол № _____ от _____ 2025);

Научно-методическим советом БрГТУ (протокол № _____ от _____ 2025)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Место учебной дисциплины

Актуальность дисциплины «Технология автомобилестроения» определяется тем, что в ней рассматриваются новейшие достижения в области производства автомобилей, прогрессивные технологии их изготовления, а также опыт их применения на передовых автотранспортных предприятиях и предприятиях автосервиса. Владение данными и навыками их использования является неотъемлемой частью компетенций инженера по специальности «Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов». Указанная дисциплина входит в модуль «Технология автомобилестроения» компонента учреждения образования учебного плана БрГТУ для специальности 6-05-0715-07 «Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов», который изучается на 3 курсе в 5 семестре студентами дневной формы получения образования и на 3 курсе в 5 семестре студентами заочной формы получения образования.

Цель преподавания учебной дисциплины: на основе теории и методов научного познания сформировать у будущих специалистов автомобильного транспорта прочные и глубокие знания по технологии изготовления деталей автомобилей и технологическом обеспечении высокого качества изделий.

Задачи учебной дисциплины:

- в обеспечении необходимых знаний по организации и технологии производства автомобилей;
- в решении задач по проектированию технологических процессов изготовления деталей автомобилей и их сборки;
- в анализе путей дальнейшего совершенствования автомобильного транспорта на основе достижения научно-технического прогресса в новейших технологиях производства.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- основы автомобилестроительного производства и перспективы его развития;
- назначение и сущность технологических процессов изготовления заготовок деталей и узлов автомобилей;
- технологию обработки деталей автомобилей на станках с ЧПУ и в гибких производственных системах;
- комплектование и сборку типовых соединений и агрегатов автомобилей;
- методы обеспечения качества продукции.

уметь:

- выбирать рациональный способ изготовления заготовок деталей;
- разрабатывать технологические процессы изготовления деталей и сборки агрегатов автомобилей на высоком качественном уровне;
- обеспечивать высокое качество комплектования и сборки основных узлов и агрегатов автомобилей;

– проводить испытания и осуществлять контроль качества автомобилей и их составных частей.

владеть:

– знаниями о методах обработки деталей автомобилей в различных типах производства;

– навыками в разработке технологических процессов изготовления деталей автомобилей и сборке основных узлов и агрегатов автомобилей;

– методами повышения эффективности работы автотранспортных предприятий и предприятий автосервиса.

Для освоения дисциплины «Технология автомобилестроения» необходимы знания следующих дисциплин: «Инженерная графика», «Технология конструкционных материалов», «Материаловедение», «Нормирование точности и технические измерения». Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины «Технология автомобилестроения» необходимы для усвоения следующих учебных дисциплин: «Автомобильные двигатели», «Восстановительные технологии».

Освоение учебной дисциплины «Технология автомобилестроения» должно обеспечить формирование специализированных компетенций:

СК-9:применять методологические основы производства автомобилей при разработке технологических процессов обслуживания и ремонта автомобилей

План учебной дисциплины для дневной формы получения высшего образования

Код специальности (направления специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
6-05-0715-07	Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов (Автосервис)	3	5	110	3	34	34	-	-	-	-	Зачёт в 5 семестре
6-05-0715-07	Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов (Техническая эксплуатация автомобилей)	3	5	110	3	34	34	-	-	-	-	Зачёт в 5 семестре

**План учебной дисциплины для заочной формы
получения высшего образования**

Код специальности (направления специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
6-05-0715-07	Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов	3	5	110	3	8	8	-	-	-	-	Зачёт в 5 семестре

1 СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Учебная дисциплина «Технология автомобилестроения» включает в себя шестнадцать основных тем. Темы лекционных занятий приведены в следующих пунктах содержания учебного материала.

1.1 ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

Тема 1. Основные положения проектирования технологических процессов изготовления деталей автомобилей.

Основные понятия и определения. Производственный и технологический процессы. Типы автомобилестроительного производства.

Тема 2. Получение заготовок автомобильных деталей.

Общие требования к заготовкам. Изготовление заготовок литьем в земляные формы машинной формовкой. Изготовление заготовок литьем в металлические формы (кокили). Изготовление заготовок центробежным литьём и под давлением. Получение заготовок литьём в оболочковые формы. Получение заготовок литьём по выплавляемым моделям. Изготовление заготовок горячей объемной штамповкой. Изготовление заготовок холодной объемной штамповкой (высадка). Холодная листовая штамповка. Поперечно-винтовая прокатка. Получение заготовок из сортового металла (проката). Получение заготовок из пластмасс. Изготовление заготовок методом порошковой металлургии. Экономическое обоснование выбора заготовки.

Тема 3. Точность механической обработки деталей.

Базирование деталей при механической обработке. Выбор баз и погрешности базирования. Характеристика точности. Факторы, влияющие на точность обработки. Статистические методы исследования точности обработки. Достижимая и экономическая точность обработки.

Тема 4. Точность механической обработки деталей.

Качество поверхности и её характеристики. Параметры шероховатости и методы их оценки. Формирование и строение поверхностного слоя. Физико-механические свойства поверхностного слоя. Влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей.

Тема 5. Припуски на обработку резанием.

Понятие о припуске. Методы определения припусков.

Тема 6. Методы обработки типовых поверхностей деталей.

Характеристика видов обработки. Обработка лезвийными инструментами. Обработка абразивными инструментами. Обработка поверхностным пластическим деформированием. Электрофизическая и электрохимическая обработка

Тема 7. Приспособления для обработки резанием.

Назначение приспособлений. Элементы технологических приспособлений. Зажимные устройства приспособлений. Расчёт сил зажима. Силовые приводы приспособлений и их характеристика. Корпусные детали приспособлений. Элементы для направления режущего инструмента.

Тема 8. Технологичность конструкций.

Отработка конструкции на технологичность. Показатели технологичности и их определение. Технологичность конструкций исходя из условий обработки резанием.

Тема 9. Технология изготовления деталей на станках с числовым программным управлением и гибких производственных системах.

Автоматизация технологических процессов обработки резанием. Технологические возможности станков с ЧПУ. Изготовление деталей в гибких производственных системах. Промышленные роботы.

Тема 10. Технология изготовления типовых деталей.

Особенности конструкции и обработки корпусных деталей. Особенности конструкции валов. Типовые технологические процессы обработки валов. Требования к зубчатым колесам. Материалы для изготовления зубчатых колес и методы получения заготовок. Типовая схема технологического процесса изготовления зубчатых колёс. Методы нарезания зубьев цилиндрических зубчатых колёс. Отделочные методы обработки зубьев зубчатых колес. Закругление зубьев зубчатых колес. Технология изготовления конических зубчатых колес.

Тема 11. Основы проектирования технологических процессов изготовления деталей автомобилей.

Исходные данные и этапы разработки технологических процессов. Выбор технологического оборудования. Выбор технологической оснастки и средств контроля. Формы организации технологических процессов. Разработка групповых технологических процессов. Разработка типовых технологических процессов.

Тема 12. Расчёт режимов резания и нормирование технологических операций.

Расчёт режимов обработки. Трудоемкость технологических операций. Технологическая документация.

Тема 13. Технология сборки.

Назначение и сущность процесса сборки. Классификация видов сборки. Технологические методы обеспечения точности сборки. Исходные данные и последовательность проектирования технологического процесса сборки. Организационные формы сборки. Составление технологических схем сборки. Проектирование сборочных операций. Механизация и автоматизация процессов сборки.

Тема 14. Испытание деталей, агрегатов, автомобилей.

Классификация испытаний. Испытание деталей. Испытание агрегатов. Испытание автомобилей.

Тема 15. Технологическое обеспечение качества изделий.

Качество продукции. Показатели качества.

Тема 16. Основные направления развития технологии автомобилестроения

2 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

для дневной формы получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
	5 семестр						
1	Основные положения проектирования технологических процессов изготовления деталей автомобилей	1				6	Зачёт
2	Получение заготовок автомобильных деталей	2				4	Зачёт
3	Точность механической обработки деталей	2				4	Зачёт
4	Качество поверхности	2				4	Зачёт
5	Припуски на обработку резанием	2				4	Зачёт
6	Методы обработки типовых поверхностей деталей	4				8	Зачёт
7	Приспособления для обработки резанием	2				4	Зачёт
8	Технологичность конструкций	2				4	Зачёт
9	Технология изготовления деталей на станках с числовым программным управлением и гибких производственных системах	2				4	Зачёт
10	Технология изготовления типовых деталей	4				6	Зачёт
11	Основы проектирования технологических процессов изготовления деталей автомобилей	2				6	Зачёт
12	Расчёт режимов резания и нормирование технологических операций	2				6	Зачёт

13	Технология сборки и испытания автомобилей и их составных частей	2				6	Зачёт
14	Испытание деталей, агрегатов, автомобилей	2				4	Зачёт
15	Технологическое обеспечение качества изделий	2				4	Зачёт
16	Основные направления развития технологии автомобилестроения	1				2	Зачёт
	Всего часов в 5 семестре	34				76	
	Всего часов по дисциплине	34				76	

2.2 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ для заочной формы получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
	5 семестр						
1	Основные положения проектирования технологических процессов изготовления деталей автомобилей	2				6	Зачёт
2	Получение заготовок автомобильных деталей	2				4	Зачёт
3	Точность механической обработки деталей	2				4	Зачёт
4	Качество поверхности	2				4	Зачёт
5	Припуски на обработку резанием					6	Зачёт
6	Методы обработки типовых поверхностей деталей					12	Зачёт
7	Приспособления для обработки резанием					6	Зачёт
8	Технологичность конструкций					6	Зачёт
9	Технология изготовления деталей на станках с числовым программным управлением и гибких производственных системах					4	Зачёт
10	Технология изготовления типовых деталей					10	Зачёт
11	Основы проектирования технологических процессов изготовления деталей автомобилей					8	Зачёт
12	Расчёт режимов резания и нормирование технологических операций					8	Зачёт
13	Технология сборки и испытания автомобилей и их составных частей					8	Зачёт
14	Испытание деталей, агрегатов, автомобилей					6	Зачёт
15	Технологическое обеспечение качества изделий					6	Зачёт
16	Основные направления развития технологии автомобилестроения					4	Зачёт
	Всего часов в 5 семестре	8				102	
	Всего часов по дисциплине	8				102	

3 ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Перечень литературы (учебной, учебно-методической, научной, нормативной, др.)

Основная

1. Ярошевич В.К., Савич А.С., Казацкий А.В. Технология производства и ремонта автомобилей. – Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2008. – 640 с.

2. Ярошевич В.К., Савич А.С., Казацкий А.В. Технология производства автомобилей. – Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2006. – 280 с.

3. Карунин А.Л., Бузник Е.Н., Дашенко О.А. и др. /под ред. Дашенко А.И.: Технология автомобилестроения. – М.: Академический проект: Трикста, 2005. – 624 с.

Дополнительная

4. Маталин, А.А. Технология машиностроения: учебник / А.А. Маталин. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 512с.: ил.

5. Жолобов, А.А. Технология машиностроения: учебное пособие: в 2 частях / А.А. Жолобов, А.М. Федоренко. – Минск: РИВШ, 2020. – Часть 1: Формообразования деталей и сборка узлов машин. 520с.

6. Антимонов, А.М. Основы технологии машиностроения: Учебник/ А.М. Антимонов, 2-е изд., стер. – Москва: ФЛИНТА, 2020, – 176с.

7. Ковшов А.Н. Технология машиностроения учебник. Санкт- Петербург: Лань, 2021, – 320с.

8. Справочник технолога-машиностроителя [Текст] : в 2 т. / редсовет.: В. Ф. Безъязычный [и др.] ; под. ред. А. С. Васильева, А. А. Кутина. – 7-е изд. испр. – Москва : Инновационное машиностроение, 2023. – ISBN 978-5-907523-26-5.

3.2. Перечень средств диагностики результатов учебной деятельности:

– контрольный опрос в письменной форме.

В семестре предусмотрена одна текущая аттестация.

Обучающиеся допускаются к промежуточной аттестации по учебной дисциплине при условии успешного прохождения текущей аттестации.

Результаты текущей аттестации учитываются при проведении промежуточной аттестации по учебной дисциплине.

Промежуточная аттестация по учебной дисциплине проводится в форме письменного зачета.

3.3. Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы обучающихся учебной дисциплине

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы в соответствии с п. 3 Положения о самостоятельной работе студентов учреждения образования «Брестский государственный технический университет», утвержденного ректором БрГТУ №56 от 01.06.2020:

– самостоятельное изучение тем лекционного курса по литературным источникам, имеющимся в библиотеке БрГТУ и указанным в разделе 3.1 настоящей программы:

– самостоятельная подготовка к зачёту.

Самостоятельное изучение тем лекционного курса выполняется по следующим литературным источникам:

Номер темы	Название раздела, темы	Номер литературного источника
1	Основные положения проектирования технологических процессов изготовления деталей автомобилей	[1, 2, 3]
2	Получение заготовок автомобильных деталей	[1, 2, 3]
3	Точность механической обработки деталей	[1, 2, 3]
4	Качество поверхности	[1, 2, 3]
5	Припуски на обработку резанием	[1, 2, 3]
6	Методы обработки типовых поверхностей деталей	[1, 2, 3]
7	Приспособления для обработки резанием	[1, 2, 3]
8	Технологичность конструкций	[1, 2, 3]
9	Технология изготовления деталей на станках с числовым программным управлением и гибких производственных системах	[1, 2, 3]
10	Технология изготовления типовых деталей	[1, 2, 3]
11	Основы проектирования технологических процессов изготовления деталей автомобилей	[1, 2, 3]
12	Расчёт режимов резания и нормирование технологических операций	[1, 2, 3]
13	Технология сборки и испытания автомобилей и их составных частей	[1, 2, 3]
14	Испытание деталей, агрегатов, автомобилей	[1, 2, 3]
15	Технологическое обеспечение качества изделий	[1, 2, 3]
16	Основные направления развития технологии автомобилестроения	[1, 2, 3]

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Автомобильные двигатели	МЭА	нет	Рекомендовать к утверждению (протокол №10 от 11.04.2025) Зав. кафедрой МЭА С.В. Монтик
2. Восстановительные технологии	МЭА	нет	

Содержание учебной программы
согласовано с выпускающей кафедрой

Заведующий выпускающей кафедрой,
кандидат технических наук, доцент

С.В. Монтик