

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

Методические указания
к выполнению практических работ
для студентов всех форм обучения
специальности 23.05.01
«Наземные транспортно-технологические средства»

Севастополь
СевГУ
2017

УДК 629.114.083

Р е ц е н з е н т:

С.М. Братан – доктор технических наук

Составители: Кияшко Л.А., Сопин П.К.

Технология производства автомобилей и тракторов: метод. указания к выполнению практических работ по дисциплине / Сост. Л.А. Кияшко, П.К. Сопин. – Севастополь: СевГУ, 2017. – 48 с.

Методические указания предназначены для студентов специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» всех форм обучения. Целью методических указаний является помощь студентам в закреплении теоретических знаний по технологии производства автомобилей и тракторов; в развитии навыков по самостоятельному проектированию рациональных технологических процессов механической обработки деталей и сборки изделий; в овладении методиками расчета параметров технологических процессов; в развитии навыков оформления технологической документации; развитии навыков самостоятельной работы с научно-технической литературой.

УДК 629.114.083

Методические рекомендации рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Автомобильный транспорт», протокол № 6 от 22 января 2017 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Практическая работа № 1. Анализ конструкторской и технологической документации. Технологичность конструкции.....	4
Практическая работа № 2. Выбор заготовки с экономическим обоснованием.....	7
Практическая работа № 3. Разработка маршрутного технологического процесса обработки детали	15
Практическая работа № 4. Проектирование операций механической обработки детали. Установление рациональной последовательности переходов	21
Практическая работа № 5. Расчет режимов резания	24
Практическая работа № 6. Анализ технологических процессов обработки типовых деталей автомобиля	32
Практическая работа № 7. Проектирование технологического процесса сборки	33
Практическая работа № 8. Расчет режимов сборочных операций.....	37
Практическая работа № 9. Нормирование сборочных операций.....	42
Библиографический список.....	46
Приложение А.	47

Практическая работа № 1

АНАЛИЗ КОНСТРУКТОРСКОЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ. ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ

Цель работы: Приобретение практических навыков по анализу служебного назначения и технологичности конструкций агрегатов, узлов и деталей автотранспортных средств.

1.1. Теоретический раздел

Первым этапом при разработке технологического процесса является анализ исходной информации для проектирования – сборочных чертежей узлов, рабочих чертежей деталей, технических требований, которые регламентируют точность, параметры шероховатости поверхности и другие требования качества. При разработке технологического процесса необходимо учитывать также объем годового выпуска изделия, определяющий возможность организации поточного производства.

Для разработки технологического процесса обработки детали требуется предварительно изучить её конструкцию и функции, выполняемые в узле, системе автомобиля, проанализировать технологичность конструкции и проконтролировать чертёж. Рабочий чертёж детали должен иметь все данные, необходимые для исчерпывающего и однозначного понимания при изготовлении и контроле детали, и соответствовать технологическим стандартам.

Технологичность конструкции детали анализируют с учётом условий её производства, рассматривая особенности конструкции и требования качества как технологические задачи изготовления. Под технологичностью конструкции изделия понимается совокупность свойств, обеспечивающих оптимальное использование различных видов ресурсов при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте с учетом обеспечения требуемого уровня технических характеристик и качества. Технологичность как свойство конструкции рассматривается в сфере производства и эксплуатации. Последняя разделяется на технологичность конструкции при техническом обслуживании и ремонтную технологичность изделия. При отработке конструкции на технологичность стремятся обеспечить наличие в ней следующих свойств:

- максимального упрощения конструкции узлов и деталей;
- рациональности членения и компоновки изделий и их составных частей; конфигурация и размерные соотношения деталей и узлов не должны вызывать трудностей при их изготовлении, сборке и контроле;

- широкого использования принципов конструкторской и технологической преемственности, унификации, стандартизации; размеры элементарных поверхностей деталей (ширины канавок и пазов, резьбы, фасок и т.п.) должны быть унифицированы; ограничения могут возникнуть, например, в случае слишком близкого расположения осей отверстий у детали, невозможности сквозного прохода инструмента;
- рационального ограничения количества марок и сортамента применяемых материалов; использование недефицитных материалов и материалов, обработка которых не вызывает трудностей;
- рационального назначения термообработки, допусков, шероховатости поверхностей; необходимо выявить возможные трудности обеспечения параметров шероховатости поверхности, размеров, форм и расположения поверхностей, которые связаны с возможностями методов обработки, оборудования и средств измерения; требования к точности размеров должны быть обоснованными;
- возможности применения прогрессивных технологических процессов и высокопроизводительного оборудования, не ухудшающих точность, но значительно облегчающих изготовление деталей;
- наличия особых технических требований (балансировки, подгонки по массе, термической обработки, нанесения покрытий и т.п.) предусматривает создание условий их выполнения в технологическом процессе и место проверки;
- удобство обслуживания и ремонта изделия в процессе эксплуатации.

При оценке эксплуатационной технологичности узлов автотранспортных средств рассматривается контролепригодность, доступность к объекту технического обслуживания и ремонта, легкосъёмность, взаимозаменяемость комплектующих изделий, преемственность средств технического обслуживания, унификация агрегатов.

Оценку технологичности конструкции, подлежащей автоматизированной сборке, проводят с учетом числа деталей, возможности их обслуживания загрузочными, ориентирующими и другими устройствами.

Качественная оценка технологичности конструкции характеризуется показателями: хорошо – плохо, допустимо – недопустимо.

Для количественной оценки технологичности конструкции применяют показатели, предусмотренные ГОСТ 14.202-73. Показатели, характеризующие трудоёмкость, материалоемкость, унификацию конструкций элементов детали, требования к точности изготовления, дают конкретные представления при сравнении с аналогичными деталями, принятыми в качестве базовых. Методика В.Г. Кононенко количественной оценки технологичности изложена подробно в [1].

1.2. Порядок выполнения задания

1) Получить исходную информацию для выполнения всех практических работ (узел или агрегат, объем годового выпуска, деталь для разработки технологического процесса её изготовления).

2) Изучить конструкцию и служебное назначение узла или агрегата автотранспортного средства. Рекомендуется следующая последовательность выполнения анализа:

- дать краткую характеристику автомобиля, агрегата, в состав которого входит рассматриваемый узел;
- сформулировать функциональное назначение узла с указанием пределов изменения его рабочих характеристик;
- провести описание работы узла с отражением функциональных характеристик каждого из его элементов;
- выполнить сборочный чертеж узла и провести его анализ, при котором отметить наличие всех видов, разрезов и сечений, спецификации, габаритных размеров, посадок, привязочных размеров, данных о массе изделия и его составных частей, технических требований;
- проанализировать возможность совершенствования конструкции с целью повышения ее надежности, ремонтпригодности;
- сделать заключение о правильности назначения посадок и технических требований.

3) Выполнить анализ технологичности конструкции узла по критериям, рассмотренным в теоретическом разделе.

4) Выполнить рабочий чертёж детали со всеми необходимыми видами, разрезами, сечением, указанием технических требований на её изготовление.

5) Выполнить анализ условий работы заданной детали.

6) Привести таблицу с характеристикой материала детали, химического состава и физико-механических свойств.

7) Объяснить назначение термической обработки детали, проанализировать получаемую при этом твердость и микроструктуру.

8) Провести анализ технологичности конструкции детали.

9) Сделать заключения метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации.

1.3. Набор типовых задач для решения на занятиях

1) Топливный насос автомобиля с карбюраторным двигателем.

2) Масляный насос двигателя автомобиля.

3) Шатунно-поршневой механизм двигателя.

4) Главный тормозной цилиндр автомобиля.

- 5) Амортизатор передней (задней) подвески автомобиля.
- 6) Головка блока цилиндра.
- 7) Дифференциал привода автомобиля.
- 8) Системы автомобиля по выбору преподавателя и студентов.

1.4. Содержание отчета о практическом занятии

- 1) Тема и цель работы.
- 2) Эскиз (ксерокопия) узла, агрегата автомобиля.
- 3) Анализ функционального назначения узла и его отдельных элементов.
- 4) Анализ чертежа узла.
- 5) Анализ служебного, назначения деталей узла.
- 6) Рабочий чертёж детали.
- 7) Анализ технологичности конструкции детали.
- 8) Заключение о технологичности конструкции с предложениями по ее совершенствованию.
- 9) Выводы по работе.

1.5. Контрольные вопросы

При защите отчета студент должен ответить на следующие вопросы:

- 1) С какой целью выполняется анализ служебного назначения изделий (детали)?
- 2) Сформулируйте требования, предъявляемые к чертежу узла (детали) изделия?
- 3) С какой целью выполняется анализ технологичности конструкции изделия (детали)?
- 4) Какие пути совершенствования технологичности конструкции вам известны?

Практическая работа № 2

ВЫБОР ЗАГОТОВКИ С ЭКОНОМИЧЕСКИМ ОБОСНОВАНИЕМ

Цель работы: изучить основные способы получения заготовок, факторы, определяющие выбор способа получения заготовки, выбрать наиболее экономически целесообразный способ получения заготовки.

2.1. Теоретический раздел

Основные понятия и определения.

Заготовкой называется предмет труда, из которого изменением формы, размеров, свойств поверхности и материала изготавливается деталь. Заготовка отличается от готовой детали по размерам (на величину припусков и напусков на механическую обработку).

Припуск на механическую обработку – это слой металла, удаляемый с поверхности заготовки с целью получения требуемых по чертежу формы и размеров детали. Напуск – избыток металла на поверхности заготовки (сверх припуска), обусловленный технологическими требованиями упростить конфигурацию заготовки для облегчения условий её получения. В большинстве случаев напуск удаляется последующей механической обработкой.

Основные способы получения заготовок: литьё, обработка металлов давлением (ОМД), сварка, пайка. К заготовительным операциям технологического процесса относятся также правка прутков и проволоки, отрезка заготовок, прессование и редуцирование заготовок, подготовка под сварку, отжиг заготовок, обработка торцов и центрование заготовок и т.д.

Производство заготовок способом литья.

Литьё – способ получения заготовок, осуществляемый заливкой расплавленного металла в литейную форму. После затвердевания металла заготовку извлекают из формы. Такую заготовку называют отливкой. Литейная форма может быть одноразовой и многоразовой.

Способы литья в одноразовые формы:

1) Литьё в песчано-глинистые формы. Таким способом в машиностроении получают до 80 % всех производимых отливок. Это самый простой и дешёвый способ литья, позволяющий получать различные по конфигурации отливки из чугуна, стали и цветных сплавов от нескольких грамм до сотен тонн с толщиной стенки от 3 - 5 мм до 1000 мм и длиной до 10 м во всех типах производства. Литейную форму изготавливают из формовочной смеси путем ее уплотнения.

Литейная форма обычно состоит из верхней и нижней полуформ, которые изготавливают в опоках – приспособлениях для удержания формовочной смеси. Расплавленный металл заливают в литейную форму через литниковую систему, состоящую из каналов, по которым металл заполняет форму. Литейная модель – приспособление, с помощью которого в литейной форме получают отпечаток, соответствующий конфигурации и размерам отливки. Шероховатость поверхности отливок, получаемых в песчано-глинистых формах следующая: отливки из черных металлов – $Rz = 160$ мкм, $Ra = 40$ мкм; из цветных металлов – $Rz = 80$ мкм, $Ra = 20$ мкм.

2) Литьё в оболочковые формы. Этим способом получают точные отливки с высоким качеством поверхности из всех литейных сплавов массой до 50 кг и толщиной стенки 3 - 15 мм. Оболочковую форму изготавливают из смеси кварцевого песка и синтетической смолы. Способ основан на свойстве синтетической (термореактивной) смолы переходить из жидкого в необратимое твёрдое состояние.

Формовочную смесь засыпают в бункер и накрывают нагретой металлической плитой с установленными на ней металлическими моделями отливок. При повороте бункера на 180° формовочная смесь осыпается, частицы смолы на поверхности нагретых моделей плавятся, связывая между собой частицы песка. Таким образом образуется оболочка толщиной 6 - 8 мм. С помощью толкателей оболочка снимается с модели, и обе половинки склеиваются и соединяются скобой. Шероховатость поверхности отливок при этом способе литья следующая: отливки из черных металлов $Rz = 40$ мкм, $Ra = 10$ мкм; из цветных сплавов – $Rz = 20$ мкм, $Ra = 5$ мкм.

3) Литьё по выплавляемым моделям давно известно как способ для изготовления скульптур. В машиностроении его начали применять в 40-х годах нашего столетия. Этот способ изготовления отливок трудоёмок и дорог. Однако его применение во многих случаях оправдано для получения точных отливок с минимальными припусками на механическую обработку или сразу готовых деталей, для получения отливок из сплавов с низкими литейными свойствами и труднообрабатываемых сплавов (легированные стали).

Легкоплавкую (выплавляемую) модель изготавливают из смеси парафина со стеарином путем заливки под небольшим давлением в металлическую пресс-форму. После затвердевания легкоплавкую модель вынимают из пресс-формы, собирают в блоки с общей литниковой системой и погружают в огнеупорную суспензию, состоящую из раствора этилсиликата и кварцевой муки. Затем блок моделей посыпают сухим песком и сушат на воздухе 2 - 3 ч. Повторяя эти операции 8 - 10 раз, получают неразъёмную форму толщиной 5 - 8 мм. Парафиновую модель выплавляют из формы с помощью горячего воздуха, пара или горячей воды. Готовую форму прокалывают в печи до температуры 900°C и заливают в неё расплавленный металл. После затвердевания металла керамическую форму разбивают. Шероховатости поверхности отливок при этом способе литья следующая: отливки из черных металлов – $Rz = 10$ мкм, $Ra = 2$ мкм, из цветных сплавов $Rz = 20$ мкм, $Ra = 5$ мкм.

Способы литья в многоразовые (металлические) формы:

1) Литьё в кокиль – наиболее дешёвый среди специальных способов литья. Предназначен для получения отливок простой формы из стали, чугуна, цветных сплавов в серийном производстве. Главная особенность этого способа – многократное использование металлической формы – кокиля.

В связи с большой теплопроводностью материала формы скорость кристаллизации достаточно велика. Это повышает механические свойства отливки, но в то же время затрудняет получение отливок с тонкими стенками. Литьё в кокиль позволяет получить отливки со следующими параметрами шероховатости поверхности: отливки из черных металлов – $R_z = 40$ мкм, $R_a = 10$ мкм из цветных сплавов $R_z = 10$ мкм, $R_a = 2$ мкм.

2) Литьё под давлением заключается в заливке расплавленного металла под давлением в металлическую пресс-форму и его кристаллизации. Применяется для производства тонкостенных отливок (до 0,5 мм) из цветных сплавов (массой до 50 кг) в серийном и массовом производстве. Литьём под давлением можно получить сложные, близкие по конфигурации к готовым деталям, тонкостенные заготовки. Шероховатость поверхности отливок при этом способе литья $R_z = 10$ мкм, $R_a = 2$ мкм.

3) Центробежное литьё заключается в заливке расплавленного металла во вращающуюся форму (изложницу), которая вращается до окончания кристаллизации металла. Получают полые заготовки, имеющие форму тел вращения диаметром 50 - 1000 мм (трубы, втулки, зубчатые колеса, кольца) из чугуна, стали, реже из цветных сплавов. За счёт вращения формы достигается большая плотность металла отливки. К недостаткам можно отнести ограниченный ассортимент отливок по форме. Шероховатость поверхности при этом способе литья следующая: отливки из черных металлов $R_z = 40$ мкм, $R_a = 10$ мкм, из цветных сплавов – $R_z = 20$ мкм, $R_a = 5$ мкм.

Производство заготовок обработкой металлов давлением (ОМД).

ОМД основана на способности металлов в определенных условиях подвергаться пластической деформации в результате воздействия на деформируемую заготовку внешних сил. Процессы ОМД по назначению подразделяются на два вида:

Для получения заготовок постоянного поперечного сечения по длине (прутков, проволоки, лент, листов), используемых в строительных конструкциях или в качестве заготовок для изготовления деталей с последующей механической обработкой. Такими процессами являются прокатка, прессование, волочение.

Прокатка – пластическая деформация металла вращающимися валками с целью изменения формы и размеров поперечного сечения и увеличения длины заготовки. Форма поперечного сечения прокатного изделия называется его профилем. Совокупность различных профилей разных размеров называется сортаментом. Сортамент делят на четыре группы: сортовой прокат, листовой, трубы, специальные виды проката. Сортовой прокат подразделяют на две группы: простой формы (в сечении круг, квадрат, прямоугольник, шестигранник и т.д.) и сложной (швеллеры, двутавровые балки, рельсы, уголки) формы.

Круглый сортовой прокат используют для изготовления гладких и ступенчатых валов, стаканов диаметром до 50 мм, втулок. По способу изготовления на металлургических заводах *прутковую сталь подразделяют* на кованую, горячекатаную, холодноотянутую, нешлифованную и шлифованную (серебрянку). Прутки из кованной стали имеют наибольшие отклонения по диаметру и их применяют для производства заготовок крупных размеров с большими припусками на обработку. Прутки из горячекатанной стали имеют несколько меньшие, но всё же значительные отклонения по диаметру или по ширине и толщине. Горячекатаную сталь применяют главным образом в единичном и серийном производстве, где обычно используют универсальное оборудование. Прутки из шлифованной холодноотянутой стали (серебрянки) имеют диаметр с допуском по 8-9-му качествам. Большим преимуществом этой стали является отсутствие на её поверхности обезуглероженного слоя. Допуски на сортамент стали-серебрянки предусматривают минимально возможные припуски на обработку. Это исключает некоторые предварительные операции, необходимые при использовании прутков из горячекатаной стали, значительно упрощает технологический процесс изготовления детали и сокращает расход материала.

Сортовой прокат применяют для изготовления крепёжных деталей, рычагов, планок. *Листовой прокат* идёт на изготовление фланцев, плоских деталей различной формы. *Трубы* используют для изготовления цилиндров, втулок, гильз, стаканов, фланцев. *Специальные виды проката* применяют в крупносерийном и массовом производстве, что позволяет почти полностью исключить обработку резанием.

Для получения заготовок (полуфабрикатов), имеющих приблизительно формы и размеры готовых деталей и требующих механической обработки для придания им окончательных размеров и получения поверхности заданного качества. Такими процессами являютсяковка и штамповка.

Свободная ковка – способ горячей обработки металлов давлением, при котором заготовке придается заданная форма при ударах бойка молота или нажатии бойка пресса. Течение металла не ограничено поверхностями инструмента. Исходными заготовками под ковку служат слитки или прокат (круглый, квадратный, прямоугольный). Полученные изделия называются коваными поковками. Основным оборудованием являются ковочные прессы (для крупных поковок), молота (для мелких поковок). Металл перед ковкой нагревается в зависимости от его химического состава. Параметр шероховатости поверхности поковок составляет $Rz = 320 - 80$ мкм. Свободная ковка применяется в единичном производстве для поковок простой формы. Этот способ ОМД является единственным, способом изготовления крупногабаритных поковок.

Широкое использованиековки объясняется рядом преимуществ:

- ковка позволяет получать высокое качество металла с повышенными механическими свойствами по сравнению с отливками;
- ковкой возможно получать крупные поковки, имеющие массу до десятков и сотен тонн и длиной десятки метров;
- при ковке требуются сравнительно небольшие усилия, так как обработка производится отдельными небольшими участками.

Штамповка осуществляется с помощью специального инструмента – штампа. Штампы – это массивные стальные формы, состоящие из двух частей. Верхняя часть штампа крепится к верхней подвижной части кузнечной машины, нижняя – к нижней неподвижной части кузнечной машины. В каждой части имеются полости. При смыкании обеих частей штампа образуется ручей, форма и размеры которого соответствуют изготавливаемому изделию.

Штамповка может быть открытой и закрытой. Штамповка в открытых штампах (открытая штамповка) характеризуется тем, что между двумя частями штампа имеется зазор, в который вытекает излишек металла, образуется заусенец (облой), который необходимо удалять. При закрытой штамповке зазор как таковой отсутствует, следовательно, отсутствует заусенец, экономится металл, исключается необходимость в обрезке заусенца, однако, этот вид штамповки применяется для сравнительно простых деталей, в основном тел вращения, и требует использования точных по массе заготовок.

Штамповка может быть объемной и листовой, холодной и горячей. Горячая штамповка производится с предварительным нагревом заготовки. Температура нагрева зависит от химического состава материала заготовки. Заготовкой для объемной штамповки служит прокат круглого, квадратного, прямоугольного сечения, который режут на мерные заготовки. Холодная объемная штамповка более точная по сравнению с горячей, лучше качество поверхности (нет окалины), но она требует больших усилий оборудования. Холодной объемной штамповкой можно получить гвозди, болты, заклёпки. Заготовкой для листовой штамповки служит лист. Она бывает тонколистовой (толщина листа $< 10\text{мм}$) и толстолистовой (толщина листа $> 10\text{мм}$). Толстолистовая штамповка осуществляется в горячем состоянии. Операции листовой штамповки делят на разделительные и формообразующие. К разделительным операциям относят: вырубку, пробивку. К формообразующим – вытяжку, гибку, формовку и др.

Осуществляют штамповку на молотах, механических и гидравлических прессах, горизонтально-ковочных машинах и другом оборудовании.

По сравнению с ковкой штамповка имеет ряд преимуществ:

- штамповкой получают более сложные поковки;
- штампованная поковка требует меньшей последующей механической обработки;

- производительность штамповки значительно выше.

В то же время, штамп – дорогостоящий инструмент, поэтому штамповку экономически целесообразно применять в массовом и крупносерийном производстве.

Факторы, определяющие способ получения заготовки:

- материал детали;
- размеры и конфигурация детали;
- требования к точности и шероховатости;
- тип производства;
- служебное назначение детали.

Заготовительные операции.

Правка проката предшествует его резке на заготовки нужной длины. Правкой уменьшают припуск на последующую механическую обработку заготовки и устраняют поломки зажимных механизмов патронов отрезных и револьверных станков и автоматов. Прутки правят на правильно-калибровочных станках (точность правки 0,5 - 0,9 мм/м), прутки и заготовки длиной до 2 м – на прессах, круглые заготовки длиной до 200 мм – на накатных станках плоскими плашками (точность правки 0,05 - 0,1 мм/м).

Отрезку заготовок можно производить на приводных ножовочных станках, фрезерно-отрезных станках и полуавтоматах, токарно-отрезных, ленточно-пильных и абразивно-отрезных станках, а также рубкой на прессах и заготовительных ножницах.

Ножовочные станки (мод. 872А) характеризуются малой производительностью; применяют их главным образом в единичном производстве при отрезке заготовок диаметром 40 мм и выше. Заготовки отрезают ножовочным полотном длиной 450 мм и толщиной 2 - 3 мм, получающим возвратно-поступательное движение. Недостаток – малая производительность и косой срез, снижающий экономию металла, достигаемую узким пропилом.

Токарно-отрезные станки работают одним или двумя резцами. Для них характерна значительно большая производительность, чем при обработке на ножовочном станке. Эти станки рекомендуют для резки заготовок большого диаметра. Токарно-отрезные автоматы вертикального типа применяют в серийном производстве для отрезки заготовок диаметром до 40 - 50 мм. К недостаткам отрезки заготовок на токарно-отрезных станках следует отнести необходимость снятия концов (шлифованием, фрезерованием), остающихся на торцах после отрезки.

Фрезерно-отрезные полуавтоматы (мод. 8В66 и 8А641) применяют для отрезки заготовок диаметром до 240 мм с помощью дисковой пилы диаметром 275 - 1010 мм, оснащённой сегментами из быстрорежущей стали. Ширина пилы 6,5 мм. Так как отрезка широкой пилой даёт большие потери металла, на этих станках целесообразно отрезать заготовки круп-

ных сечений из конструкционной углеродистой и конструкционной легированной сталей.

Абразивно-отрезные станки применяют для отрезки заготовок с помощью узких (2 - 3 мм) шлифованных кругов на вулканитовой или бакелитовой связке. Круги, изготовленные на основе стеклоткани, могут работать со скоростью резания до 80 м/с. Резка на абразивно-отрезных станках является наиболее универсальной для получения заготовок независимо от их твёрдости и одной из наиболее производительных.

Ленточные пилы представляют собой станки с бесконечным ножовочным полотном. Преимуществом этих станков является высокая производительность при малой ширине реза (1,5 - 2 мм). Ленточные станки применяют для отрезки заготовок диаметром до 250 мм и больше.

Эксцентрикковые прессы и заготовительные ножницы применяют при рубке заготовок в крупносерийном и массовом производстве. При этом способе получения заготовок нет потери материала и достигается максимальная производительность. Однако при рубке заготовок даже при использовании специальных штампов неизбежно возникает смятие прилегающих к торцу участков периферии заготовки и самой плоскости торцов, что вызывает необходимость их дополнительной обработки. Рубку рекомендуется применять лишь для получения заготовок под ковку и штамповку.

Для получения центровых отверстий на валах и подрезки торцов могут применяться специальные фрезерно-центровальные станки.

Экономическое обоснование выбора способа получения заготовки

Окончательное решение о выборе технологического процесса получения заготовки выносят на основании сравнительной оценки стоимостных показателей двух-трёх сравниваемых вариантов. Экономически целесообразным считается такой технологический процесс, который обеспечивает минимальные приведенные затраты подготовительного и механообрабатывающего цехов на изготовление детали.

Достаточно достоверно оценить выбор заготовки можно укрупнено по минимальной величине приведенных затрат на изготовление детали по следующей формуле

$$P_o = M_z C_z - M_o C_o + P_q T_{um}, \quad (2.1)$$

где M_z – масса заготовки; C_z – расчетная цена заготовок; M_o – масса реализуемых отходов; C_o – цена реализуемых отходов; P_q – норматив приведенных затрат, приходящихся на 1 час работы оборудования; T_{um} – норма штучного времени на механическую обработку заготовки.

Если варианты оказываются по P_o равноценными, то принимается вариант, обеспечивающий наибольший коэффициент использования материала (отношение массы детали к массе заготовки).

2.2. Порядок выполнения задания

- 1) Изучить основные методы получения заготовок.
- 2) Для детали, на которую в практической работе №1 разрабатывался технологический процесс изготовления, на основании изученных способов получения заготовок и с помощью справочной литературы [1], [3] выбрать наиболее экономически целесообразный способ.
- 3) Описать выбранный способ получения заготовки.
- 4) Выполнить эскиз заготовки.

2.3. Набор типовых задач для решения на занятии

Выбор заготовки производится для детали, рассмотренной в первой практической работе. Допускается проектирование маршрута на другие типовые детали автотранспортных средств (корпус топливного насоса, вал коробки передач, шестерня коробки передач и др.).

2.4. Содержание отчета о практическом занятии

- 1) Наименование работы.
- 2) Цель работы.
- 3) Описание и обоснование выбранного способа получения заготовки.
- 4) Эскиз заготовки с техническими требованиями на её изготовление.

2.5. Контрольные вопросы

- 1) От чего зависит выбор способа получения заготовки?
- 2) В каких случаях применяют литье?
- 3) В каких случаях применяют ОМД?
- 4) Какие способы литья вы знаете?
- 5) Какие из способов литья относятся к точным способам?
- 6) Какие способы ОМД вы знаете?

Практическая работа № 3

РАЗРАБОТКА МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ

Цель работы: изучение последовательности и методов проектирования маршрутов технологических процессов обработки деталей автомобиля.

3.1. Теоретический раздел

Проектирование маршрута технологического процесса выполняется после анализа служебного назначения детали, определения типа производства, анализа технологичности конструкции детали и определения организационной формы производства.

Исходные данные, необходимые для проектирования маршрута обработки детали: чертеж детали со всеми необходимыми видами, разрезами и сечениями, чертёж заготовки, программа выпуска деталей.

Выбор методов обработки на основе требований к точности и качеству поверхностей деталей.

Для обоснования выбора варианта технологического процесса определяются методы обработки отдельных поверхностей, из которых формируют маршруты обработки детали. Выбор метода обработки зависит от конфигурации детали, её габаритов, точности и качества обрабатываемых поверхностей, вида принятой заготовки. Решение задач выбора метода и конкретного вида обработки облегчается при использовании справочных таблиц экономической точности обработки [1], в которых содержатся сведения о технологических возможностях обработки резанием различными методами. С помощью этих таблиц можно выбрать метод окончательной обработки поверхности и наметить виды промежуточной. Маршруты обработки поверхностей сводятся в табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Маршруты обработки поверхностей детали

№ поверхности	Размер, мм	Требования к поверхности			Маршрут обработки	Технологический приём, обеспечивающий технические требования
		Точность, качество	Шероховатость Ra, мкм	Технические требования		

Составление технологического маршрута обработки.

Основной задачей этого этапа является составление общего плана обработки детали, описание содержания операций технологического процесса и выбор типа оборудования. Результаты работы оформляются в виде маршрутной карты.

При установлении общей последовательности обработки рекомендуется учитывать следующие положения:

- каждая последующая операция должна уменьшать погрешности обработки и улучшать качество поверхности;
- в первую очередь следует обрабатывать поверхности, которые будут служить технологическими базами для последующих операций;

- затем необходимо обрабатывать поверхности, с которых снимается наибольший слой металла, что позволит своевременно обнаружить возможные внутренние дефекты заготовки;
- операции, при которых возможно появление брака из-за внутренних дефектов в заготовке, нужно производить на ранних стадиях ее обработки;
- обработка остальных поверхностей ведется в последовательности, обратной степени их точности: чем точнее должна быть поверхность, тем позже она обрабатывается;
- заканчивается процесс изготовления детали обработкой той поверхности, которая должна быть наиболее точной и имеет наибольшее значение для эксплуатации детали; если она была обработана ранее, до выполнения других смежных операций, может возникнуть необходимость в её повторной обработке;
- отверстия нужно сверлить в конце технологического процесса, за исключением тех случаев, когда они служат базами;
- не рекомендуется совмещение черновой и чистовой обработок немерным инструментом на одном и том же станке;
- если деталь подвергается термической обработке по ходу технологического процесса, механическая обработка расчленяется на две части: до термической обработки и после нее;
- технический контроль намечают после тех этапов обработки, где вероятно повышенная доля брака, перед сложными и дорогостоящими операциями, после законченного цикла, а также в конце обработки детали.

Приведенные рекомендации по разработке технологического маршрута не являются обязательными и требуют творческого подхода в каждом конкретном случае. Работа по составлению маршрутов обработки существенно облегчается при использовании типовых технологических процессов на данную группу деталей [5].

Для каждой технологической операции обосновывают схемы базирования, выбирают оборудование и технологическую оснастку. Выбор оборудования и технологической оснастки выполняют по справочной литературе [3], [4], [5].

Маршрут обработки детали сводится в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Последовательность выполнения операций при обработке детали

№ операции	Операция	Содержание операции (обрабатываемые поверхности)	Оборудование. Приспособления. Режущий инструмент. Средства измерения

Выбор технологических баз.

Схема базирования и закрепления, технологические базы, опорные и зажимные элементы и устройства приспособления должны обеспечивать определенное положение заготовки относительно режущих инструментов, надёжность её закрепления и неизменность базирования в течение всего процесса обработки при данной установке. Поверхности заготовки, принятые в качестве баз, и их относительное расположение должны быть такими, чтобы можно было использовать наиболее простую и надёжную конструкцию приспособления, должны обеспечивать удобство установки, закрепления, открепления и снятия заготовки, возможность приложения в нужных местах сил зажима и подвода режущих инструментов.

Если конструкция детали, вытекающая из ее служебного назначения, не удовлетворяет этим требованиям, в ней предусматривают специальные элементы или поверхности, используемые только при базировании (платики, отверстия и др.).

При выборе баз следует учитывать основные принципы базирования. В общем случае полный цикл обработки детали от черновой операции до отделочной производится при последовательной смене комплектов баз. Однако с целью уменьшения погрешностей и увеличения производительности обработки деталей нужно стремиться к уменьшению переустановок заготовки при обработке.

Выбор баз для черновой обработки.

При обработке заготовок, полученных литьем и штамповкой, необработанные поверхности следует использовать в качестве баз только на первой операции. При дальнейшей обработке использование их не допускается.

В качестве технологических баз следует принимать поверхности достаточных размеров, имеющие более высокую точность и малую шероховатость. Они не должны иметь литейных прибылей, литников, линий разъема, окалины и других дефектов. Все перечисленные дефекты способствуют уменьшению точности базирования и закрепления заготовки в приспособлении.

У деталей, не подвергающихся полной обработке, технологическими базами для первой операции рекомендуется принимать поверхности, которые вообще не обрабатываются. Это обеспечит наименьшее смещение обработанных поверхностей относительно необработанных.

Если у заготовок обрабатываются все поверхности, в качестве технологических баз для первой операции целесообразно принимать поверхности с наименьшими припусками.

База для первой операции должна выбираться с учетом обеспечения лучших условий обработки поверхностей, принимаемых в дальнейшем в качестве технологических баз.

Выбор баз для чистовой обработки.

Следует иметь в виду, что наибольшая точность достигается при условии использования на всех операциях механической обработки одних и тех же комплектов баз, т. е. при соблюдении *принципа их единства*.

Особенно важным при чистовой обработке является соблюдение *принципа совмещения баз*, так как при этом окончательно выдерживается заданная точность детали. При совмещении технологической и измерительной баз погрешность базирования равна нулю.

Базы для окончательной обработки должны иметь высокую точность размеров и геометрической формы, а также малую шероховатость поверхности. Они не должны деформироваться под действием сил резания, зажима и собственного веса заготовки.

Выбор оборудования.

Выбор модели оборудования определяется, прежде всего, возможностью изготовления на нем деталей необходимых размеров и формы, получения требуемого качества их поверхностей, наименьшую себестоимость обработки.

В условиях массового производства нужно стремиться к тому, чтобы на одной операции было занято не более одного-двух станков. Если это условие не выполняется, следует выбрать более производительную модель станка (многошпиндельный, многопозиционный или агрегатный). Технические характеристики станков, выпускаемых серийно, приводятся в справочниках [4], [5].

Выбор технологической оснастки.

Правила выбора технологической оснастки регламентируются соответствующими ГОСТами. К ней относят: приспособления, инструменты и средства контроля.

В случае применения стандартной оснастки рекомендуется пользоваться альбомами ее типовых конструкций и соответствующими стандартами [2, 3].

Выбор режущих инструментов при оснащении технологического процесса производится исходя из условий обработки с учетом: вида станка; метода обработки, режимов и условий работы; материала обрабатываемой детали, ее размеров и конфигурации; требуемых точности обработки и шероховатости поверхностей; типа производства; заданных объема выпуска деталей и производительности обработки, стоимости инструмента и затрат на его эксплуатацию.

При технологической подготовке производства предпочтение следует отдавать стандартной, унифицированной оснастке, что позволяет сократить время на подготовку запуска нового производства, а также снизить расходы, связанные с использованием инструментов. Применение комбинированного, специального инструмента оправдано в автоматизированном

производстве, так как там не всегда может быть применен стандартный режущий инструмент из-за недостаточной эксплуатационной надежности, что приводит к увеличению простоев станков и снижению их производительности. Например, на агрегатных станках часто применяются сборные, комбинированные и специальные инструменты, к качеству изготовления которых предъявляются повышенные требования.

Инструмент, используемый на автоматических линиях, изготавливают обычно по стандартам предприятий с учетом особых технических требований на изготовление. Эти инструменты должны обеспечивать быструю наладку и подналадку станков, быть: взаимозаменяемыми, обладать высокой стойкостью (240 мин и более), формировать и дробить стружку, обеспечивать высокую степень концентрации технологических переходов, обладать повышенной жесткостью и виброустойчивостью. Для них применяют более качественные материалы.

Инструмент для станков с ЧПУ должен обладать высокой режущей способностью и надежностью, достигаемыми использованием наиболее качественных материалов; повышенной точностью за счет изготовления его по более жестким техническим требованиям, чем по действующим стандартам; универсальностью, позволяющей обрабатывать сложные детали за один автоматический цикл. Инструмент может быть комбинированным, регулируемым и многоцелевым.

Стандартные металлорежущие инструменты следует выбирать из соответствующих ГОСТов, перечень которых приведен в справочниках [3], [4], [5].

3.2. Порядок выполнения задания

- 1) На рабочем чертеже детали обозначить обрабатываемые поверхности.
- 2) Заполнить табл. 3.1., назначая операции по обработке каждой из поверхностей для обеспечения их точности, шероховатости и взаимного расположения
- 3) Используя табл. 3.1., скомпоновать маршрутный технологический процесс механической обработки детали. Заполнить табл. 3.2.
- 4) Для каждой операции разработать схемы базирования детали.
- 5) Выбрать оборудование, инструмент и приспособления.

3.3. Набор типовых задач для решения на занятии

Маршрутный технологический процесс разрабатывается для детали, принятой в первой практической работе.

3.4. Содержание отчета о практическом занятии

- 1) Наименование работы.
- 2) Цель работы.
- 3) Рабочий чертеж детали с обозначением обрабатываемых поверхностей.
- 4) Обоснование маршрутов обработки отдельных поверхностей детали.
- 5) Обоснование последовательности выполнения операций при обработке детали.
- 6) Обоснование схем базирования детали при выполнении технологических операций.
- 7) Выбор оборудования и технологической оснастки.
- 8) Выбор металлорежущего инструмента.
- 9) Выводы по работе.

3.5. Контрольные вопросы

- 1) С какой целью разрабатывается маршрутный технологический процесс обработки детали?
- 2) Какие исходные данные необходимы для проектирования технологического процесса обработки детали?
- 3) Назовите основные этапы проектирования маршрутного технологического процесса обработки детали.
- 4) Какая документация оформляется при проектировании технологического процесса механической обработки детали?

Практическая работа № 4

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ. УСТАНОВЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ПЕРЕХОДОВ

Цель работы: Освоение методики проектирования операций механической обработки детали при разработке технологического процесса.

4.1. Теоретический раздел

Для проектирования операций необходимо знать маршрутную технологию, схемы базирования и закрепления изделия, намеченное ранее содержание операций, для поточной линии такт выпуска изделий. Проекти-

рование операции рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- уточняется схема базирования и содержание операции, устанавливается последовательность и возможность совмещения переходов во времени;
- окончательно выбираются оборудование, приспособления и инструменты;
- рассчитываются припуски и операционные размеры и размеры заготовки;
- рассчитываются или выбираются режимы работы оборудования;
- рассчитываются или назначаются нормы времени;
- при необходимости проводится технико-экономический анализ вариантов выполнения операции;
- заполняются операционные карты и карты эскизов и схем.

Проектируя любой вариант операции, технолог стремится к снижению нормы времени, что достигается в основном за счет уменьшения основного и вспомогательного времени. Возможность совмещения элементов оперативного времени зависит от схемы построения операции, которая характеризуется: числом заготовок, устанавливаемых для обработки; инструментами, участвующих одновременно в обработке; порядком обработки поверхностей заготовок инструментами. В общем случае различают одно- и многоинструментную, последовательную, параллельную и параллельно-последовательную обработку. В зависимости от условий производства выбирают соответствующую схему построения станочной операции. При этом должны учитываться принципы концентрации и дифференциации обработки на станках.

В массовом производстве находят применение наиболее производительные схемы станочных операций – многоместная многоинструментная параллельная обработка, а в серийном – одноместная одноинструментная последовательная. Однако практически при любом типе производства возможны различные сочетания схем.

Одноместные схемы обработки (обработка на revolverных станках, станках с ЧПУ, гидрокопировальных станках) позволяют совмещать технологические переходы, но возможность совмещения вспомогательного времени практически отсутствует. Основное время определяется как сумма времен выполнения отдельных переходов.

Технологические операции на автоматических линиях строят по параллельным и параллельно-последовательным схемам. При параллельной схеме обработки основное время выполнения операции определяется только одним лимитирующим (наиболее продолжительным) переходом. Параллельно-последовательные схемы создаются при обработке нескольких поверхностей заготовки одновременно и в нескольких позициях последо-

вательно. При этом заготовка либо переходит на новые позиции станка, либо не меняет позиций, а обработка выполняется режущими инструментами, подводимыми в зону обработки с помощью поворотной головки, барабана или подвижного стола. Во всех случаях основное время операции включает сумму последовательно выполняемых в позициях переходов.

Число и последовательность технологических переходов зависят от вида заготовки и точностных требований к готовой детали. Совмещение переходов определяется конструкцией детали, возможностями расположения режущих инструментов на станке и жесткостью заготовки. Переходы, при которых соблюдаются жесткие требования к точности и шероховатости поверхности, иногда целесообразно выделить в отдельную операцию, применяя одноместную одноинструментную последовательную обработку. На каждый переход механической обработки рекомендуется составить операционный эскиз, а при многоинструментной и многоместной обработке – схему наладки с указанием настроечных размеров.

4.2. Порядок выполнения работы

1) Проанализировать составленный ранее маршрутный технологического процесса изготовления детали.

2) Выявить наиболее сложные операции.

3) Обосновать возможные схемы построения операций [1, 2]. Рекомендуется рассмотреть следующие схемы выполнения операции: одноместная, многоместная обработка; последовательная, параллельная обработка поверхностей; параллельно-последовательная обработка поверхностей. Например, при обработке наружных поверхностей вариантами таких схем могут быть: обработка детали на универсальном станке, станке с ЧПУ (последовательные схемы); гидрокопировальном станке; многолезцовом станке (параллельные схемы).

4) Выполнить эскизы технологических наладок схем операций.

5) Произвести анализ преимуществ и недостатков каждой из предложенных схем.

6) Сделать окончательный выбор схемы и оборудования.

4.3. Набор типовых задач для решения на занятии

При выполнении работы проектируется одна, две наиболее сложных операции разработанного в практической работе №3 маршрутного технологического процесса изготовления детали.

4.4. Содержание отчета

1) Наименование работы.

- 2) Цель работы.
- 3) Анализ маршрутного технологического процесса, выявление наиболее сложных операций.
- 4) Обоснование возможных схем построения операций.
- 5) Эскизы технологических наладок схем операций.
- 6) Анализ преимуществ и недостатков каждой из предложенных схем.
- 7) Выводы по работе.

4.5. Контрольные вопросы

- 1) Назовите основные этапы проектирования операций.
- 2) Какие схемы построения операций вам известны?
- 3) Как выбрать наиболее рациональную схему выполнения операции?

Практическая работа № 5

РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Цель работы: Освоить методики выбора режимов резания при обработке деталей на различном технологическом оборудовании.

5.1. Теоретический раздел

Выбранный режим резания должен удовлетворять техническим и экономическим требованиям выполняемой операции (обеспечивать получение заданной точности, шероховатости поверхности, минимальной себестоимости, высокой производительности). При назначении элементов режима резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования. Расчеты режимов резания рекомендуется выполнять с использованием справочной литературы [4, 6].

Можно подобрать бесконечное количество сочетаний глубины резания, подачи и скорости, при которых инструмент будет иметь одну и ту же стойкость. Самым выгодным считается режим резания, обеспечивающий наименьшую себестоимость обработки, при условии удовлетворения всех требований к качеству продукции и заданной производительности обработки.

Рассмотрим методику расчетов режимов резания для некоторых видов обработки.

Точение.

- 1) Выбор режущего инструмента. К характеристикам резца обычно относят материал и геометрические параметры режущей части, размеры

сечения державки и её тип. Материалы режущей части выбирают в зависимости от свойств обрабатываемого материала, состояние поверхности заготовки, а так же вида резания (обычного или скоростного). При скоростном резании, как правило, необходимо применять твёрдосплавные или металлокерамические резцы.

Геометрические параметры инструмента назначаются в зависимости от свойств обрабатываемого материала, жесткости системы «станок - инструмент - деталь», вида обработки (черновой, чистовой, отделочной), наличия смазывающе-охлаждающей жидкости и других факторов.

При черновой наружной обработке по возможности берут максимальные размеры сечения державки резца. Ограничением являются габариты резцедержателя. При расточных работах размеры сечения державки ограничиваются диаметром обрабатываемого отверстия.

2) Выбор глубины резания t , мм. Необходимо стремиться работать с максимально возможной в данных условиях глубиной резания. Пределом увеличения глубины резания является припуск на обработку, который по возможности должен быть минимальным. На черновых проходах целесообразно снимать весь припуск за один проход. Величина припуска на чистовой проход определяется технологическими требованиями к точности и шероховатости обработанной поверхности и зависит от степени износа инструмента. На каждом последующем проходе следует назначать меньшую глубину резания, чем на предшествующем. При параметре шероховатости обработанной поверхности $R_a = 3,2$ мкм включительно $t = 0,5...2,0$ мм; $R_a \geq 3,2$ мкм – $t = 0,1...0,2$ мм.

3) Выбор подачи s , мм/об. При черновом точении принимается максимально допустимой по мощности оборудования, жесткости системы, прочности режущей пластины и прочности державки. Рекомендуемые значения подачи приводятся в справочной литературе [4, с. 266 - 269].

4) Скорость резания v , м/мин: при наружном продольном и поперечном точении и растачивании рассчитывают по эмпирической формуле

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v, \quad (5.1)$$

а при отрезании, прорезании и фасонном точении – по формуле

$$v = \frac{C_v}{T^m s^y} K_v. \quad (5.2)$$

В формулах (5.1), (5.2) T – период стойкости инструмента (время работы до затупления, при одноинструментной обработке 30...60 мин), коэффициенты C_v , x , y , m зависят от вида обработки, а коэффициент K_v является произведением коэффициентов, учитывающих влияние материала за-

готовки, состояния поверхности и материала инструмента. Значения коэффициентов выбираются по таблицам [4, с. 269 - 270].

По найденной скорости резания подсчитывается частота вращения шпинделя станка, об/мин:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \quad (5.3)$$

где D – диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

5) Силу резания P , H , принято раскладывать на составляющие силы, направленные по осям координат станка (тангенциальную P_z , радиальную P_y и осевую P_x). Эти составляющие рассчитывают по формуле вида

$$P_{z,y,x} = 10C_p t^x s^y v^n K_p,$$

где C_p , x , y , n , K_p для конкретных условий обработки и для каждой из составляющих силы резания приведены в справочных таблицах [4, с. 273 - 275].

6) Мощность резания, кВт, рассчитывают по формуле

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}. \quad (5.4)$$

7) Определяется основное время.

Сверление.

1) Глубина резания t , мм:

- при сверлении $t = 0,5D$,

- при рассверливании $t = 0,5(D-d)$,

где D – диаметр просверливаемого отверстия, мм; d – диаметр исходного отверстия при рассверливании, мм.

2) Подача s , мм/об, при сверлении отверстий равна максимально допустимой по прочности сверла и выбирается по таблице [4, с. 277 - 278]. При рассверливании подача, рекомендованная для сверления, может быть увеличена в два раза.

3) Скорость резания v , м/мин:

- при сверлении:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m s^y} K_v,$$

- при рассверливании заготовки с отверстием:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s^y} K_v.$$

Значения коэффициентов C_v , x , y , m , K_v и периода стойкости T выбирается по таблицам [4, с. 278 - 279].

- 4) Крутящий момент, Н·м, и осевую силу, Н, рассчитывают по формулам:
- при сверлении

$$M_{кр} = 10C_M D^q s^y K_p; P_o = 10C_p D^q s^y K_p;$$

- при рассверливании

$$M_{кр} = 10C_M D^q t^x s^y K_p; P_o = 10C_p t^x s^y K_p.$$

Значения коэффициентов C_M , C_p , K_p и показателей степени выбирают из таблиц [4, с. 281].

- 5) Мощность резания, кВт, определяют по формуле

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750},$$

где n – частота вращения инструмента, *об/мин*, определяемая по формуле (5.3).

- 6) Основное время определяется по формуле

$$t_0 = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{n \cdot s},$$

где $l_1 = t \cdot \operatorname{ctg} \phi$ – длина врезания, мм; l_2 – глубина сквозного отверстия, мм; $l_3 = (3 \dots 5)s$ – перебега при выходе из просверленного отверстия, мм (при обработке глухих отверстий не учитывается).

Фрезерование.

1) Выбор типа фрезы. Конфигурация обрабатываемой поверхности определяет тип применяемой фрезы. Ее размеры определяются размерами обрабатываемой поверхности и глубиной срезаемого слоя. Диаметр фрезы для сокращения основного технологического времени и расхода инструментального материала выбирают по возможности наименьшей величины, учитывая при этом жесткость технологической системы, схему резания, форму и размеры обрабатываемой заготовки.

2) Глубина фрезерования t и ширина фрезерования B – понятия, связанные с размерами слоя заготовки, срезаемого при фрезеровании. Во всех видах фрезерования, за исключением торцового, t определяет продолжительность контакта зуба фрезы с заготовкой, измеренную в направлении, перпендикулярном к оси фрезы. Ширина фрезерования B определяет длину лезвия зуба фрезы, участвующую в резании, измеренную в направлении, параллельном оси фрезы. При торцовом фрезеровании эти понятия меняются местами.

3) При фрезеровании различают подачу на один зуб (s_z , мм/зуб), подачу на один оборот фрезы (s , мм/об) и подачу минутную (s_M , мм/мин), которые находятся в следующем соотношении

$$S_M = s n = s_z z n,$$

где n – частота вращения фрезы, об/мин; z – число зубьев фрезы.

При черновом фрезеровании подача задается величиной s_z , мм/зуб, а при чистовом – s , мм/об. Рекомендуемые значения подач приводятся в справочной литературе [4, с. 283 - 286].

4) Скорость резания – окружная скорость фрезы, м/мин:

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

Значения коэффициента C_v , показателей степени и периода стойкости можно найти в таблицах [4, с. 286 - 290].

5) Сила резания. Главной составляющей силы резания при фрезеровании является окружная сила, Н

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{Mp},$$

где z – число зубьев фрезы; D – диаметр фрезы; n – частота вращения фрезы, об/мин, вычисляемая по формуле (5.3).

Значения коэффициентов и показателей степени, входящих в формулу определяются по таблицам [4, с. 291 - 292].

6) Крутящий момент $M_{кр}$, Н·м, на шпинделе

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100},$$

где D – диаметр фрезы.

7) Эффективная мощность резания N , кВт, рассчитывается по формуле (5.4).

8) Основное время определяется по формуле

$$t_0 = \frac{l_1 + l + l_2}{s_{мин}},$$

где l_1 – длина пути врезания фрезы в заготовку, мм. Длина пути врезания зависит от глубины фрезерования и диаметра фрезы; l – длина обрабатываемой заготовки, мм; l_2 – перебеж фрезы в конце фрезерования, мм. Длина перебега l_2 определяется техническими нормами на выключение механизма подачи: в среднем $l_2 = 1 \dots 2$ мм.

Разрезание.

1) Выбор режущего инструмента. Разрезание производят отрезными резцами, дисковыми, ленточными пилами, ножовками, абразивными кругами.

2) Подача для дисковых пил s_z , мм/зуб, ленточных пил и абразивных кругов, s_m , мм/мин, приведены в [4, с. 293].

3) Скорость резания для дисковых пил, приводных ножовок и ленточных пил, а также для абразивных кругов в [4, с. 293].

4) Основное время работы отрезного резца определяется по формуле

$$t_0 = \frac{D}{2 \cdot n \cdot s_{II}},$$

где D – наружный диаметр заготовки в месте отрезки, мм; n – частота вращения заготовки, об/мин; s_{II} – поперечная подача, мм/об.

Резьбонарезание

1) Выбор инструмента. Нарезание резьбы производят: наружной – резьбовыми резцами, круглыми плашками, резьбовыми головками, гребенчатыми и дисковыми фрезами; внутренней – резьбовыми резцами, метчиками и гребенчатыми фрезами.

2) Глубина резания и подача. При нарезании резьбы резцами различают продольную подачу s , равную шагу резьбы P , и поперечную, определяющую глубину резания t , равную высоте резьбового профиля (если резьба нарезается за один проход) или части высоты профиля, соответствующей числу рабочих ходов i , необходимых для образования резьбы.

3) Число рабочих ходов i и величины подач s_z выбирают по таблицам, приведенным в [4, с. 293 - 295].

4) Скорость резания, м/мин, при нарезании крепежной резьбы резцами с пластинами из твердого сплава

$$v = \frac{C_v i^x}{T^m s^y} K_v;$$

при нарезании крепежной резьбы резцами из быстрорежущей стали

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v;$$

при нарезании резьбы метчиками

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m s^y} K_v.$$

Значения коэффициента C_v , показателей степени и периода стойкости T приведены в [4, с. 296].

5) Тангенциальная составляющая силы резания, H , при нарезании резьбы резцами

$$P_z = \frac{10C_p P^y}{i^n} K_p,$$

6) Крутящий момент, Н м, при нарезании резьбы метчиками

$$M_{кр} = 10C_M D^q P^y K_p,$$

где неизвестные коэффициенты и показатели степени находятся по таблицам [4, с. 298].

7) Мощность, кВт, при нарезании резьбы резцами определяется по формуле (5.4), а при нарезании метчиками и плашками

$$N = \frac{M \cdot n}{975},$$

где n – число оборотов метчика, об/мин, (5.3).

8) Основное время при различных способах нарезания резьбы определяется по следующим формулам:

- при нарезании резцом

$$t_o = \left(\frac{L}{nP} + \frac{L}{n_{всп}P} \right) i,$$

- при нарезании метчиком, плашкой

$$t_o = \frac{L + L_{всп}}{nP},$$

где L – длина резьбы, мм; $L_{всп}$ – длина вспомогательного хода, мм; $n_{всп}$ – частота вращения шпинделя при вспомогательных ходах, мм/об.

5.2. Порядок выполнения работы

1) Записать исходные данные для расчетов:

- деталь (указать наименование, марку материала и основные физико-механические характеристики, твердость до и после термообработки размеры обрабатываемой поверхности);
- заготовка (указать метод получения заготовки, ее массу, класс точности);
- инструмент (указать наименование инструмента, марку материала режущей части, основные геометрические размеры, обозначение, ГОСТ);
- СОЖ (указать наличие, вид и состав);
- паспорт технологического оборудования (указать вид и модель станка, привести краткую характеристику технологических возможностей: габаритные размеры рабочей зоны, частоту вращения шпинделя, подачи,

количество суппортов, шпинделей, головок, позиций, индексаций, схему расположения позиций, мощность главного привода, габаритные размеры, стоимость станка);

- схема наладки.

2) Произвести расчет режимов резания для операции.

3) Результаты расчетов свести в табл. 5.1.

Таблица 5.1 – Сводные данные по режимам резания

Наименование операции, перехода, позиции	Глубина резания t , мм	Период стойкости T , мин	Подача s , мм/об	Частота вращения шпинделя n , об/мин	Скорость резания v , м/мин	Скорость подачи sM , мм/мин	Основное время T_o , мин	Мощность N , кВт

5.3. Набор типовых задач для решения на занятии

Каждый студент выполняет индивидуальное задание, выбрав операцию из разработанного маршрутного технологического процесса. С целью дальнейшего экономического анализа рекомендуется расчет режимов выполнить для двух, трех вариантов операции, отличающихся либо оборудованием, либо наладкой (обработка на универсальных станках, обработка на станке с ЧПУ, обработка на многолезцовом станке).

5.4. Содержание отчета о практическом занятии

- 1) Наименование работы.
- 2) Цель работы.
- 3) Исходные данные для расчета режима резания.
- 4) Последовательность этапов расчета.
- 5) Результаты расчетов (табл. 5.1).
- 6) Выводы по работе.

5.5. Контрольные вопросы

- 1) Перечислите основные параметры режимов резания.
- 2) Какова последовательность определения режимов резания?
- 3) Особенность выбора режимов резания при многоинструментной обработке и при обработке на станках с ЧПУ.

4) Что называется стойкостью режущего инструмента? Определение стойкости при многоинструментной обработке и при обработке на станках с ЧПУ.

5) Основные исходные данные, необходимые при выборе режимов резания.

Практическая работа № 6

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЯ

Цель работы: Изучение передовых технологических процессов обработки деталей автомобиля и направлений их дальнейшего совершенствования.

6.1. Теоретический раздел

Последовательность анализа технологического процесса:

- краткое описание служебного назначения детали;
- оценка технологичности ее конструкции;
- анализ обоснованности последовательности операций технологического процесса;
- метод получения заготовки;
- выявление параметров технологического процесса, обеспечивающих получение заданных технических требований на деталь;
- рациональность принятых схем построения технологических операций;
- правильность назначения припусков, режимов резания;
- оценка методов контроля качества при выполнении операций и детали после обработки;
- рациональность выбора оборудования и технологической оснастки;
- анализ возможных вариантов совершенствования технологического процесса и отдельных операций.

6.2. Порядок выполнения задания

1) Получить от преподавателя исходные данные: чертеж детали; технологический процесс изготовления детали, действующий на производстве; программа выпуска детали.

2) Произвести анализ базового технологического процесса по критериям, рассмотренным выше.

3) Оформить отчет.

6.3. Набор типовых задач для решения на занятии

При проведении практического занятия рекомендуется рассмотреть технологические процессы обработки деталей силовых агрегатов автомобилей, действующие на автомобильных предприятиях России. Основные детали: блок цилиндров, коленчатый вал, распределительный вал, гильза цилиндров.

6.4. Содержание отчета о практическом занятии

- 1) Наименование работы
- 2) Цель работы.
- 3) Анализ технологического процесса по вопросам, приведенным в теоретической части.
- 4) Выводы по работе.

6.5. Контрольные вопросы

- 1) Обеспечивает ли технологический процесс предприятия стабильное получение качества изготовления детали?
- 2) Можно ли усовершенствовать структуру технологического процесса обработки детали?
- 3) Какие методы можно применить при изготовлении детали?
- 4) Можно ли полностью автоматизировать процесс изготовления детали?
- 5) Можно ли повысить гибкость производственных систем обработки детали?

Практическая работа № 7

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

Цель работы: изучение методов проектирования маршрута процесса сборки изделий.

7.1. Теоретический раздел

Сборка является одним из наиболее ответственных этапов при производстве и ремонте изделий. К исходным данным, необходимым для проектирования процесса сборки, относят:

- количество изготавливаемых автомобилей или их составных частей;

- сборочные чертежи узла, составных частей, спецификации деталей, входящих в узел;
- технические условия на сборку и испытания изделия, технологические инструкции на подбор деталей, контроль и регулировку сопряжении и сборочных единиц;
- каталоги и справочники по используемому при сборке оборудованию и технологической оснастке.

При проектировании технологического процесса сборки необходимо учитывать рекомендации ГОСТ 14.301 – 95. Проектирование технологического процесса выполняют после анализа служебного назначения и технологичности конструкции изделия. На первом этапе составляется схема общей и узловой сборки. При большой программе выпуска (массовое и крупносерийное производство) технологический процесс сборки изделия разрабатывают подробно, при малой – сокращенно.

На последовательность сборки влияют: функциональная взаимосвязь элементов изделия, конструкция базовых элементов, условия монтажа силовых и кинематических передач, постановка легко повреждаемых элементов в конце сборки, размеры и масса присоединяемых элементов, пень взаимозаменяемости элементов изделия.

Технологические схемы сборки являются основой для последующего проектирования технологических процессов сборки. Сначала составляют схему общей сборки, а затем схемы узловой сборки (рис. 7.1).

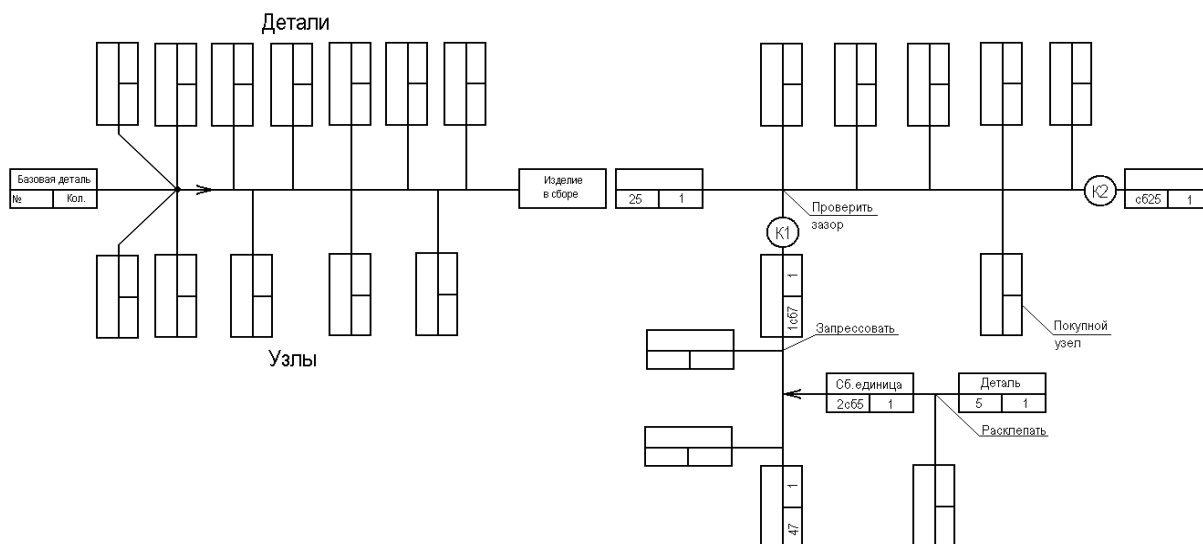


Рис. 7.1. Схема сборочного процесса

По методике профессора В.М. Кована [3] основное направление сборочного процесса в пределах сборочной операции отображают горизонтальным отрезком, левый конец которого обозначает начало, а правый — окончание сборочного процесса. Каждый элемент изделия, будь то сборочная единица, деталь или законченное изделие, условно обозначают прямо-

угольником, разделенным на три части. В верхней части указывают название элемента, в нижней левой - его индекс, в нижней правой количество устанавливаемых в данном месте операций элементов. К началу горизонтальной линии схемы, пристраивают прямоугольник (рис. 7.2.), обозначающий базовый элемент конструкции, с которого начинают сборку. Для отличия сборочных единиц от деталей, у первых рядом с индексом прописывают «Сб». В конце горизонтальной линии пристраивают прямоугольник, обозначающий объект сборки – сборочную единицу. Над горизонтальной линией вертикально располагают прямоугольники, обозначающие детали, поступающие на данную операцию поштучно, без какого-либо предварительного соединения. Под горизонтальной линией располагают прямоугольники, обозначающие сборочные единицы. Сборочные единицы, собранные на предыдущих участках, и комплектующие изделия – сборочные единицы, поступающие на данный завод с других, специализированных заводов, например, шарикоподшипники, электродвигатели, насосы, приборы показываются без расшифровки процесса сборки.

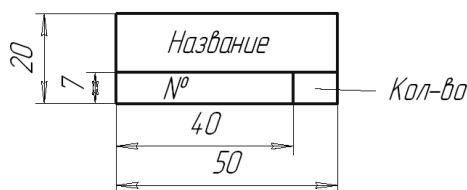


Рис. 7.2. Элемент сборки

Технологическую схему сборки снабжают дополнительными надписями, которые указывают содержание работ, трудно определяемых по схеме (совместно сверлить и развернуть, регулировать зазор, смазать, сварить, запрессовать и т.д.). Эти указания записывают либо на полках выносных линий, идущих от точек пересечения линий связи на схеме, либо под схемой в виде пронумерованного текста согласно порядковым номерам операций (1, 2, 3 и т.д.), которые помещают в кружках в местах пересечения линий связи. Контрольным операциям присваивают номера, начиная с первого с индексом К (например, К1).

На схемах сборки следует указывать только контрольные операции, предусмотренные ТУ и инструкциями. В них указывают: содержание, последовательность выполнения, допустимые отклонения контролируемого параметра и другие требования.

Зная исходные данные, установленные методы сборки и принятый тип производства, выбирают организационную форму сборочного процесса (сборка на стендах, подвижная сборка, поточная сборка, автоматическая сборка). По принятым схемам сборки выявляют технологические и вспомогательные сборочные операции. Содержание операций устанавливают

так, чтобы на каждом рабочем месте выполнялась однородная по своему характеру и технологически законченная работа, что способствует лучшей специализации рабочих и повышению производительности их труда. При массовом производстве длительность операций должна быть равна или кратна такту выпуска изделий. Разработанный технологический процесс оформляют в виде маршрутной карты (ГОСТ 3.1105 - 84, форма 13 и 13а), в которой приводится описание технологического процесса по всем операциям в технологической последовательности с указанием данных по оборудованию, оснастке, материальным и трудовым затратам.

При наличии сложных сборочных единиц в изделии рекомендуется составлять укрупненные схемы сборки. В данном случае на том же листе приводятся развернутые схемы сборки сборочных единиц.

7.2. Порядок выполнения задания

- 1) Определить тип производства и организационную форму сборки.
- 2) Составить схемы общей или узловой сборки изделия.
- 3) Обосновать и привести маршрутный технологический процесс сборки изделия.

7.3. Набор типовых задач для решения на занятии

Маршрутный технологический процесс сборки составляется для базового узла, описанного в первой практической работе.

7.4. Содержание отчета о практическом занятии

- 1) Наименование работы.
- 2) Цель работы.
- 3) Исходные данные для проектирования технологического процесса.
- 4) Определение типа производства и организационной формы сборки.
- 5) Схема процесса сборки изделия.
- 6) Обоснование маршрута сборки изделия.
- 7) Выводы по работе.

7.5. Контрольные вопросы

При защите отчета студент должен ответить на следующие вопросы:

- 1) С какой целью разрабатывается маршрутный технологический процесс сборки изделия?
- 2) Какие исходные данные необходимы для проектирования технологического процесса сборки изделия?

- 3) Что отображается на схеме процесса сборки?
- 4) Какая документация оформляется при проектировании технологического процесса сборки?

Практическая работа № 8

РАСЧЕТ РЕЖИМОВ СБОРОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Цель работы: приобретение практических навыков по проектированию сборочных операций.

8.1. Теоретический раздел

Для проектирования операций необходимо знать маршрутную технологию, схему базирования и закрепления изделия, намеченное ранее содержание операций, для поточной линии - такт выпуска изделий. Проектирование операции рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- уточняется схема базирования и содержание операции, устанавливается последовательность и возможность совмещения переходов во времени;
- окончательно выбирается оборудование, приспособления и инструменты (или даются задания на их проектирование);
- рассчитываются или выбираются режимы работы сборочного оборудования;
- рассчитываются или назначаются нормы времени;
- при необходимости проводится технико-экономический анализ вариантов выполнения сборочной операции;
- заполняются операционные карты и карты эскизов и схем.

В зависимости от конструкции изделия, вида сборочной операции возможны следующие варианты базирования.

1) Базовую деталь изделия базируют на необработанную поверхность и при одной установке производят его полную сборку (применяется преимущественно при ручной сборке простых изделий в приспособлениях, обеспечивающих их неподвижное расположение).

2) Базовую деталь изделия базируют на обработанную поверхность. Схему базирования применяют при ручной сборке в приспособлениях, обеспечивающих точное положение сопрягаемых деталей, а также при механизированной и автоматической сборке.

3) Базовую деталь изделия устанавливают на различные последовательно сменяемые базы.

Содержание операций определяет тип, основные размеры и техническая характеристика сборочного оборудования и технологической оснастки (приспособлений, рабочего и измерительного инструмента). При серийном производстве технологическое оборудование и оснастку применяют универсального, переналаживаемого типа. В массовом производстве преимущественно используют специальное оборудование и оснастку. Тип, основные размеры и грузоподъемность подъёмно-транспортных систем определяют по установленным организационным формам сборки, размерным характеристикам изделий и их массе. Выбор оборудования и технологической оснастки рекомендуется проводить по справочной литературе [3], [4], [5].

Режимы работы сборочного оборудования определяют либо аналитически, либо по нормативным и справочным данным. Более подробно выполняют расчет режимов на типовые сборочные операции, такие как соединения с натягом, резьбовые соединения, клёпаные соединения.

При сборке соединений с натягом под действием осевой силы необходимо точное центрирование деталей. При запрессовке осевая сила растёт от нуля до максимальной величины. Усилие запрессовки без теплового воздействия шкивов, шестерен и втулок определяют по формуле

$$P = f_T \cdot \pi \cdot d \cdot L \cdot p, \quad (8.1)$$

где f_T – коэффициент трения в сопряжении, зависит от материала пары трения:

- сталь-сталь $f_T = 0,06...0,22$;
- сталь-чугун $f_T = 0,06...0,14$;
- сталь-латунь $f_T = 0,05...0,10$;
- сталь-алюминий и его сплавы $f_T = 0,02...0,08$;

d – средний диаметр контактирующих поверхностей, мм; L – длина запрессовки детали, мм; p – удельное давление на поверхности контакта, МПа, определяемое по зависимости

$$p = \frac{1}{d} \cdot \frac{\delta_p \cdot 10^{-3}}{C_1/E_1 + C_2/E_2}, \quad (8.2)$$

где δ_p – наибольший расчетный натяг, мкм:

$$\delta_p = \delta_n - 1,2 \cdot (Rz_1 + Rz_2), \quad (8.3)$$

где δ_n – номинальный (табличный) натяг, определяемый как разность нижнего отклонения отверстия и верхнего отклонения вала, мкм, [2]; Rz_1 и Rz_2 – высоты микронеровностей сопрягаемых поверхностей деталей, их значения берут из рабочих чертежей деталей (при расчетах можно принять

$Rz_1 = Rz_2 = 3,2$ мкм); E_1 и E_2 – модули упругости материалов охватывающей (отверстие) и охватываемой вал деталей, МПа; C_1 и C_2 – безразмерные коэффициенты, зависящие от материала сопрягаемых деталей и отношения их диаметров:

$$\begin{aligned} C_1 &= \frac{d^2 + d_o^2}{d^2 - d_o^2} - \mu_1, \\ C_2 &= \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2} + \mu_2; \end{aligned} \quad (8.4)$$

где μ_1 и μ_2 – коэффициенты Пуассона для тех же; D – диаметр наружной поверхности втулки, мм (рис. 8.1); d_o – диаметр отверстия пустотелого вала, мм (при сплошном вале $d_o = 0$ и $C_1 = 1 - \mu$).

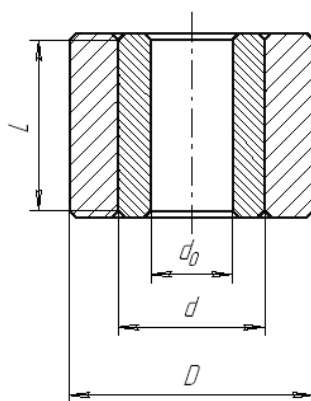


Рис. 8.1. Схема продольно-прессового соединения

Запрессовку рекомендуется выполнять при скорости 2...20 мм/с, для облегчения ориентации детали рекомендуют делать фаску с углом 10°. Для запрессовки применяют винтовые, пневматические, гидравлические и другие виды прессов. При большом натяге сборку производят с термовоздействием. При этом прочность соединений по сравнению с механической запрессовкой повышается в 1,5 - 2,5 раза. При сборке либо нагревается охватывающая, либо охлаждается охватываемая деталь. Сборку с нагревом производят в основном на автоматизированном оборудовании. Деталь нагревают до температуры 320...350 °С, при которой сохраняются физико-механические свойства материала. Нагрев производят токами высокой частоты и в масляных ваннах (130 °С). При сборке с охлаждением в качестве хладоносителей применяют твердую углекислоту (-78 °С) и жидкий азот (-195 °С).

При сборке с тепловым воздействием необходимо определить температуру нагрева T_H охватывающей или температуру охлаждения T_O охва-

тываемой детали, достаточной для сборки соединения (утечками тепла пренебрегают):

$$T_H \geq \left(25 \dots 1,3 \right) \frac{\Delta d \cdot 10^{-3}}{\alpha \cdot d}; \quad \boxed{}, \quad (8.5)$$

где $\Delta d = \delta_{\max} + i$ – увеличение или уменьшения диаметра, мкм; i – гарантированный зазор при сборке, принимается равным минимальному зазору для посадки $H7/g6$ для значения диаметра d [2]; α – коэффициент линейного расширения, $1/^\circ\text{C}$.

Соединение, собираемое тепловыми методами необходимо проверить на прочность:

$$\sigma_T \geq \alpha \cdot T_{B,O} \cdot E, \quad (8.6)$$

где σ_T – предел текучести материала охватывающей детали, МПа.

Для большинства **резьбовых соединений** автомобилей нормируется момент затяжки. Минимальная сила затяжки Q выбирается из условия плотности соединения (не раскрытия стыка). Она определяется в зависимости от внешней силы P по формулам

- для осевой силы $\boxed{};$ (8.7)

- для касательной силы $Q = \frac{K \cdot P}{2 f_p} \cdot 1 - a,$ (8.8)

где K – коэффициент увеличения внешней нагрузки: $K = 1,25 \dots 2$ – постоянная; $K = 2,5 \dots 4$ – переменная; $K = 1,25 \dots 2,5$ – при условии обеспечения герметичности с мягкими прокладками; $K = 2,5 \dots 3,5$ – тоже с металлическими прокладками; $a = 0,2 \dots 0,4$ – коэффициент основной нагрузки, учитывающий податливость резьбовых соединений; f_p – коэффициент трения в резьбе. При стальном стержне для стального корпуса $\boxed{}$; для чугунного – $f_p = 0,07 \dots 0,15$; для алюминиевого или бронзового $f_p = 0,04 \dots 0,1$.

Момент затяжки для метрической резьбы с углом резьбы 60° равен:

$$M_K = Q \cdot 0,16P + 0,58d_{CP} f_p + \frac{Q}{3} \left(\frac{D^3 - d_0^3}{D^2 - d_0^2} \right) f_T \approx 0,2Qd, \quad (8.9)$$

где d_{CP} – средний диаметр резьбы, мм; D, d_0 – наружный и внутренний диаметры опорных кольцевых поверхностей гайки, головки болта, мм; f_p и f_T – коэффициенты трения по резьбе и по опорной поверхности гайки. За-

висят от вида покрытия и смазочных материалов, состояния трущихся поверхностей, повторяемости сборки, скорости заворачивания и т.д.; d – номинальный диаметр резьбы.

Для проверки полученных значений необходимо рассчитать максимальный момент затяжки из условия прочности стержня. Если значение силы P точно неизвестно, то максимальный момент принимается в качестве расчетного, с учетом коэффициента запаса $k = 1,5 \dots 2,5$ (большие значения принимать для ответственных соединений).

Для болтовых и шпилечных соединений ориентировочно можно считать:

$$\boxed{}, \quad (8.10)$$

где σ_B – предел прочности материала стержня, МПа.

Для винтов с цилиндрической, сферической или шестигранной головкой:

$$M_K = 0,005 d^3 \sigma_T (0,5 f_T + 1), \quad (8.11)$$

- для винта с потайной головкой

$$M_K = 0,005 d^3 \sigma_T (0,8 f_T + 1), \quad (8.12)$$

где σ_T – предел текучести материала винта, МПа.

Заклёпочные соединения применяют в конструкциях, воспринимающих интенсивные вибрационные и ударные нагрузки (рама автомобиля), работающих при низких и высоких температурах, а также для прочного соединения пластмассовых изделий с металлическими. Усилие, необходимое для образования головки при холодной клепке равно:

$$P_{ХКл} = k \cdot d_3^{1,75} \cdot \sigma_B^{0,75} \quad (8.13)$$

где k – коэффициент формы замыкающей головки: для сферических головок $k = 28,6$; для потайных – $k = 26,2$; для плоских – $k = 15,2$; для трубчатых – $k = 4,33$; d_3 – диаметр стержня заклепки, мм; σ_B – предел прочности материала заклепки при растяжении, МПа.

8.2. Порядок выполнения задания

1) Из технологического процесса сборки выбрать одну из операций (запрессовка подшипника в корпус изделия, напрессовка подшипника на вал изделия, установка сальника, сборка резьбового соединения).

2) Выбрать необходимое для выполнения операции оборудование, технологическую оснастку.

3) Выбрать и обосновать выбор схемы базирования и закрепления изделия при выполнении сборочной операции.

4) По формулам (8.1) - (8.13) рассчитать режимы сборки.

8.3. Набор типовых задач для решения на занятии

При выполнении практического занятия студент разрабатывает одну из следующих операций: запрессовка подшипника в корпус изделия, напрессовка подшипника на вал изделия, установка сальника, сборка резьбового соединения. Операция выбирается из маршрутного технологического процесса разработанного при выполнении практического занятия № 7.

8.4. Содержание отчета о практическом занятии

- 1) Наименование работы.
- 2) Цель работы.
- 3) Исходные данные для проектирования операции.
- 4) Выбор оборудования, технологической оснастки.
- 5) Обоснование схем базирования и закрепления изделия при выполнении сборочной операции.
- 6) Расчет режимов сборки.
- 7) Выводы по работе.

8.5. Контрольные вопросы

- 1) Как рассчитывается режим при сборке соединения с натягом?
- 2) Порядок расчёта усилия затяжки резьбовых соединений.
- 3) От чего зависит усилие формообразования головки заклёпки?
- 4) Какие приспособления и инструменты существуют для механизации сборочных работ?

Практическая работа № 9

НОРМИРОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Цель работы: изучить методику нормирования технологического процесса сборки.

9.1. Теоретический раздел

Нормирование сборочных операций выполняют по установленным методикам. Для массового производства подготовительно-заключительное время равно нулю. Штучное время вычисляется как сумма основного,

вспомогательного времен, времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места и отдых.

При нормировании операций технологического процесса серийного производства определяют штучно-калькуляционное время по зависимости

$$T_{ш.-к.} = \frac{T_{нз}}{n} + T_{шт}, \quad (9.1)$$

где $T_{нз}$ – подготовительно-заключительное время, связанное со сборкой партии изделий (10...15 мин); n – число изделий в партии; $T_{шт}$ – штучное время.

Для массового производства подготовительно-заключительное время равно нулю. Штучное время вычисляют как сумму основного T_o , вспомогательного T_e времен, времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места $T_{орг.тех.об.}$ и отдых T_e .

$$T_{шт} = T_o + T_e + T_{орг.тех.об.} + T_e. \quad (9.2)$$

Составляющие времен можно определять по типовым технологическим процессам и справочной литературе [6]. Определить основное время сборочных работ с 5...15 % точностью можно на основе имеющихся эмпирических зависимостей, приведенных в табл. 9.1.

Таблица 9.1 – Эмпирические зависимости для расчета основного времени

Воздействие	Эмпирическая зависимость
Завертывание гаек	$T_o = (0,011\bar{x} + 0,306)m'$
Завертывание болтов	$T_o = (0,006\bar{x} + 0,144)m'$
Завертывание штуцеров	$T_o = (0,016\bar{x} + 0,039)m'$
Завертывание винтов	$T_o = (0,020\bar{x} + 0,517)m'$
Завертывание шпилек	$T_o = (0,032\bar{x} + 0,067)m'$
Установка шплинтов и штифтов	$T_o = 0,017\bar{x}m'$
Установка шайб, прокладок, втулок	$T_o = 0,005\bar{x}m'$
Установка сальников, пыльников	$T_o = (0,005\bar{x} + 0,001)m'$
Запрессовка втулок, колес, заглушек	$T_o = (0,002\bar{x} + 0,033)m'$
Запрессовка шарико- и роликоподшипников	$T_o = 0,012\bar{x}m'$
Сверление по месту электродрелью	$T_o = (0,077\bar{x} + 0,098)m'$
Установка заклёпок	$T_o = (0,083\bar{x} + 0,067)m'$
Подгонка шпонок к шпоночному пазу	$T_o = (0,391\bar{x} + 0,911)m'$
В таблице 2.1 $\bar{x}$ – среднее арифметическое значение элемента детали (длина, ширина и т.п.), мм; m' – количество одинаковых элементов, используемых при сборке.	

Если сборочная операция имеет несколько переходов, то основное время на операцию определяется суммированием основных времен отдельных переходов.

Вспомогательное время составляет 15...60 % от основного, а оперативное время равно:

$$T_{on} = (0,15...0,6)T_o + T_o. \quad (9.3)$$

Дополнительное время на сборочные операции составляет примерно 6...10 % от оперативного, а подготовительно-заключительное – 3...6 %. Тогда штучно-калькуляционное время можно подсчитать по формуле

$$T_{шт.к} = (0,06...0,10)T_{on} + (0,03...0,06)T_{on} / N + T_{on}. \quad (9.4)$$

Рекомендуется следующая последовательность нормирования операции:

Рассчитать нормы времени на одну операцию (табл. 9.2). При выполнении сборочной операции в ней выделяют следующие переходы:

Проверить наличие клеев на деталях и состояние сопроводительной документации.

В содержание перехода входят ключевые слова, характеризующие метод обработки, выраженные глаголом в неопределенной форме. Ключевые слова: закрепить, запрессовать, зачистить, застопорить, контрить, клепать, маркировать, нарезать, опилить, отрубить, очистить, отрезать, притереть, пломбировать, развинтить, распрессовать, сверлить, смазать, свинтить, собрать, установить, штифтовать и т.п.

В конце всех переходов записывается контроль исполнителем.

Пример записи переходов:

Установить шайбу поз. 5. Свинтить детали поз. 5 и 6, выдерживая размер 1, собрать детали поз. 2 и 3, выдержав размер 1.

Выполнить эскиз технологической наладки выполнения операции.

9.2. Порядок выполнения задания

1) Для операции, рассмотренной в практической работе № 8, в зависимости от типа производства рассчитать по формулам (9.1) - (9.4) штучное или штучно-калькуляционное время.

2) Результаты расчётов свести в табл. 9.2.

3) Выполнить эскиз технологической наладки сборочной операции.

Таблица 9.2 – Нормирование технологического процесса сборки изделия

№ пере- хода	Содержание перехода	Основное время, мин
1		
2		
.....		
Основное время суммарное, мин		T_o
Вспомогательное время, мин		T_e
Время на организационно-техническое обслуживание рабочего места и отдых		$(T_{орг.тех.об.} + T_e)$
Штучное время, мин		$T_{шт}$

9.3. Набор типовых задач для решения на занятии

Нормирование технологической операции сборки проводится для индивидуального задания, принятого в восьмой практической работе.

9.4. Содержание отчета о практическом занятии

- 1) Расчет норм времени (табл. 9.2).
- 2) Эскиз технологической наладки выполнения операции.
- 3) Операционная карта.
- 4) Выводы по работе.

9.5. Контрольные вопросы

- 1) Какова структура штучного времени?
- 2) Что такое основное время? Как можно его снизить?
- 3) Какие работы при сборке являются вспомогательными?
- 4) На что расходуется подготовительно-заключительное время?
- 5) Какие средства используются при автоматизации процесса сборки?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабук В.В. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: учеб. пособие / В.В. Бабук, В.А. Шкред, Г.П. Кривко, А.И. Медведев. – Мн.: Выш. шк., 1987. – 255 с.: ил.
2. Справочник технолога-машиностроителя. - В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. – 565 с.: ил.
3. Зенкин А.С. Допуски и посадки в машиностроении: справочник / А.С. Зенкин, И.В. Петко. – К.: Техника, 1990. – 311 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.: ил.
5. Панов А.А. Обработка металлов резанием: справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин; под общ. ред. А.А.Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 450 с.
6. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: справочник / В.И. Баранчиков, А.В. Жариков, Н.Д. Юдина и др.; под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 210 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное)

Таблица А. 1 – Значения модуля продольной упругости E и коэффициента Пуассона μ при 20 °С

Материал	E , МПа	μ
Углеродистая сталь	$(2..2,1) \cdot 10^5$	0,24 – 0,28
Легированная сталь	$2,1 \cdot 10^5$	0,25 – 0,30
Чугун	$1,03 \cdot 10^5$	0,23 – 0,27
Бронза	$0,83 \cdot 10^5$	0,32 – 0,35
Алюминий и его сплавы	$0,74 \cdot 10^5$	0,33

Таблица А.2 – Механические свойства болтов, винтов и шпилек из углеродистых и легированных сталей

Класс прочности	Предел текучести, Н/мм ² , не менее	Марка стали
3.6	196,12	Ст3кп3, Ст3сп, 10, 10кп
4.6	235,35	20
4.8	313,79	10, 10кп
5.6	294,18	30, 35
5.8	392,24	10, 10кп, 20, 20кп, Ст3сп3, Ст3кп
6.6	353,01	35, 45, 40Г
6.8	470,68	20, 20кп
6.9	529,52	20, 20кп
8.8	627,58	35, 35Х, 38ХА, 45Г
10.9	882,54	40Г2, 40Х, 30ХГСА, 16ХСН

Таблица А.3 – Коэффициенты трения в резьбовых соединениях при различных покрытиях и смазочных материалах

Покрытие болтов и гаек	Коэффициент трения	Без смазочного материала	Машинное масло	Солидол ГОСТ 4366-76	Машинное масло с добавкой 20% MoS ₂
Без покрытия	f_p	$0,40^{+0,12}_{-0,08}$	$0,21^{+0,03}_{-0,02}$	$0,19^{+0,02}_{-0,03}$	$0,13^{+0,02}_{-0,02}$
	f_m	$0,20^{+0,04}_{-0,06}$	$0,12^{+0,02}_{-0,02}$	$0,13^{+0,01}_{-0,02}$	$0,09^{+0,01}_{-0,02}$

Таблица А.4 – Пределы прочности некоторых материалов, σ_{σ} , МПа

Стали	Ст 3	Ст 4	Ст 5	Ст 6	08	10	15	20	25	30	35
σ_{σ}	125	140	165	195	110	120	135	150	165	180	210
Стали	40	45	50	20Г	30Г	40Г	50Г	65Г	20Х	40Х	40Г2
σ_{σ}	230	260	280	180	210	240	250	300	190	200	220
Стали	40ХН	ШХ15	30ХГС	30ХГНТ	Чугун серый				Чугун ковкий		
σ_{σ}	260	200	370	430	30...70				85...110		
Цветные спла- вы		БрОФ	БрАЖ	ЛМц	ЛАЖ	ЛС59	АД	Д16			
σ_{σ}		20...25	50...55	25...30	60...70	30...50	6...10	30...38			
Титановые сплавы		ВТ1	ОТ1	ВТ20							
σ_{σ}		30...55	50...90	95...110							

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

*Методические указания
к выполнению практических работ*

Составители: **Княшко** Лариса Александровна,
Сопин Павел Константинович