

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра машиностроения и транспорта

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ Е.И. Луковникова

« _____ » декабря 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Б1.Б.15

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

**15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств**

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Технология машиностроения

Программа прикладного бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ	4
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости	4
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам	6
4.3 Лабораторные работы.....	39
4.4 Практические занятия.....	40
4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект	40
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	41
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	42
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	42
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	42
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	43
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных и практических работ	43
9.2. Методические указания по выполнению курсового проекта.....	49
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	50
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	50
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	51
Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины	54
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе	55
Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....	56

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является – формирование знаний и навыков по совершенствованию технологий, систем и средств технологического оснащения машиностроительных производств, а также по разработке и внедрению оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий с эффективным использованием материалов, оборудования, инструментов, технологической оснастки, средств диагностики, автоматизации, алгоритмов и программ для реализации технологических процессов.

Задачами изучения дисциплины является:

- изучение методов разработки планов, программ и других тестовых документов, входящих в состав конструкторской, технологической и эксплуатационной документации;
- формирование навыков разработки планов, программ и других тестовых документов, входящих в состав конструкторской, технологической и эксплуатационной документации, связанной с профессиональной деятельностью;
- решение задач по контролю за соблюдением технологической дисциплины, экологической безопасности машиностроительных производств.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-5	способность участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью.	знать: - методы разработки технологической документации; уметь: - разрабатывать технологическую документацию; владеть: - навыками разработки технологической документации, связанной с профессиональной деятельностью.
ПК-20	способностью разрабатывать планы, программы и методики, другие тестовые документы, входящие в состав конструкторской, технологической и эксплуатационной документации, осуществлять контроль за соблюдением технологической дисциплины, экологической безопасности машиностроительных производств.	знать: - методы разработки планов, программ и других тестовых документов, входящих в состав конструкторской, технологической и эксплуатационной документации; уметь: - осуществлять контроль за соблюдением технологической дисциплины, экологической безопасности машиностроительных производств; владеть: - навыками разработки планов, программ и других тестовых документов, входящих в состав конструкторской, технологической и эксплуатационной документации.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б.15 «Технология машиностроения» относится к базовой части.

Дисциплина «Технология машиностроения» базируется на знаниях, полученных при изучении таких учебных дисциплин, как:

- «Оборудование машиностроительных производств»;
- «Детали машин и основы конструирования»;
- «Основы технологии машиностроения».

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, «Технология машиностроения» представляет основу для:

- «Производственной (преддипломной) практики»;
- «Государственной итоговой аттестации».

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовой проект	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
Очная	4	8	180	84	28	42	14	69	КП	Экзамен
Заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			8
I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	84	24	84
Лекции (Лк)	28	24	28
Лабораторные работы (ЛР)	42	-	42
Практические занятия (ПЗ)	14	-	14
Курсовой проект	+	-	+
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)	69	-	69
Подготовка к лабораторным работам	15	-	15
Подготовка к практическим занятиям	14	-	14
Выполнение курсового проекта	20	-	20
Подготовка к экзамену в течение семестра	20	-	20
III. Промежуточная аттестация Экзамен	27	-	27
Общая трудоемкость дисциплины час.	180	-	180
..... зач. ед.	5	-	5

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоятельная работа обучающихся
			лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	
1.	Технология изготовления валов	38	6	14	2	16
1.1.	Основные характеристики валов	6	2	-	-	4
1.2.	Методы обработки наружных цилиндрических поверхностей	22	2	14	-	6
1.3.	Типовой маршрут изготовления валов	10	2	-	2	6
2.	Технология изготовления втулок и фланцев	38	6	14	2	16
2.1.	Основные характеристики втулок и фланцев	6	2	-	-	4
2.2.	Методы обработки внутренних цилиндрических поверхностей	22	2	14	-	6
2.3.	Типовой маршрут изготовления втулок и фланцев	10	2	-	2	6
3.	Технология изготовления корпусных деталей и зубчатых колес	53	10	14	8	21
3.1.	Основные характеристики корпусных деталей	18	2	14	-	2
3.2.	Типовой маршрут изготовления корпусных деталей	15	3	-	4	8
3.3.	Характеристика зубчатых колес	5	2	-	-	3
3.4.	Типовой маршрут изготовления зубчатых колес	15	3	-	4	8
4.	Технология изготовления рычагов	24	6	-	2	16
4.1.	Основные характеристики рычагов	8	2	-	-	6
4.2.	Типовой маршрут изготовления рычагов	10	2	-	2	6
4.3.	Особенности проектирования технологических процессов на станках с ЧПУ и ГПС	6	2	-	-	4
	ИТОГО	153	28	42	14	69

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

Раздел 1. Технология изготовления валов

Тема 1.1. Основные характеристики валов (лекция – дискуссия 1 час)

В технологии машиностроения в понятие валы принято включать собственно валы, оси, пальцы, штоки, колонны и др. подобные детали машин, образованные наружными поверхностями вращения при значительном преобладании длины над диаметром. Конструктивное разнообразие валов вызывается различным сочетанием цилиндрических, конических, а также зубчатых (шлицевых), резьбовых поверхностей. Валы могут иметь шпоночные пазы, лыски, осевые и радиальные отверстия (рис. 2.1.).

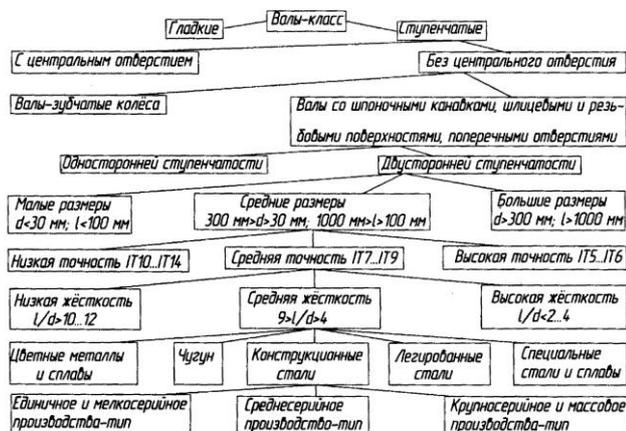


Рис. 2.1. Классификация валов

Технологические задачи

Точность размеров. Точными поверхностями валов являются, как правило, его опорные шейки, поверхности под детали, передающие крутящий момент. Обычно они выполняются по 6...7-му квалитетам.

Точность формы. Наиболее точно регламентируется форма в продольном и поперечном сечениях у опорных шеек под подшипники качения. Отклонения от круглости и профиля в продольном сечении не должны превышать 0,25...0,5 допусков на диаметр в зависимости от типа и класса точности подшипника.

Точность взаимного расположения поверхностей. Для большинства валов главным является обеспечение соосности рабочих поверхностей, а также перпендикулярности рабочих торцов базовым поверхностям. Как правило, эти величины выбираются по V...VII степеням точности.

Качество поверхностного слоя. Шероховатость базовых поверхностей обычно составляет $Ra=3,2...0,4$ мкм, рабочих торцов $Ra=3,2...1,6$ мкм, остальных несответственных поверхностей $Ra=12,5...6,3$ мкм. Валы могут быть сырыми и термообработанными. Твердость поверхностных слоев, способ термообработки могут быть весьма разнообразными в зависимости от конструктивного назначения валов. Если значение твердости не превышает HB 200...230, то заготовки подвергают нормализации, отжигу или термически не обрабатывают. Для увеличения износостойкости валов повышают твердость их рабочих поверхностей. Часто это достигается поверхностной закалкой токами высокой частоты, обеспечивающей твердость HRCэ48...55. Поверхности валов из малоуглеродистых марок стали подвергают цементации на глубину 0,7...1,5 мм с последующей закалкой и отпуском. Таким способом можно достичь твердости HRC355...60.

Наличие остаточных напряжений в поверхностных слоях и их знак регламентируется редко и в основном для очень ответственных валов.

Так например, для вала, представленного на рис. 2.2., технологические задачи формулируются следующим образом.

- точность размеров основных поверхностей находится в пределах 6...8-го квалитетов, а размеры с неуказанными отклонениями выполняются по 14-му квалитету;

- точность формы регламентируется для опорных шеек допусками круглости и профиля в продольном сечении – 0,006 мм, а у остальных поверхностей погрешности формы не должны превышать определенной части поля допуска на соответствующий размер (например для нормальной геометрической точности 60 % от поля допуска);

- точность взаимного расположения задается допусками радиального и торцового биений (соответственно 0,02 мм и 0,016 мм) относительно базы;

- шероховатость сопрягаемых цилиндрических поверхностей ограничивается значениями $Ra=0,8$ мкм, а торцовых – $Ra=1,6$ мкм; шероховатость несопрягаемых поверхностей – $Ra=6,3$ мкм; шлицевый участок подвергается термообработке ТВЧ HRCэ 50...55.

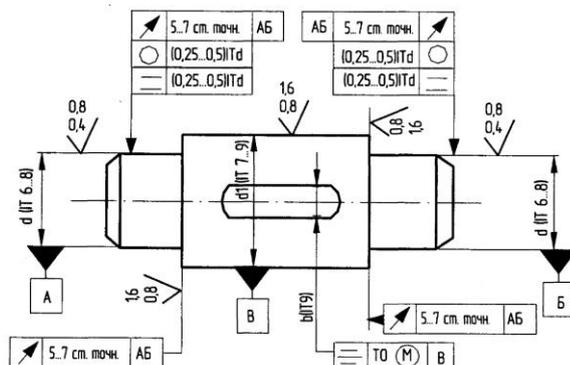


Рис. 2.2. Эскиз вала с типовыми техническими требованиями

Некоторые требования к технологичности валов.

Наряду с общими требованиями, к технологичности валов предъявляются и некоторые специфические требования.

1. Перепады диаметров ступенчатых валов должны быть минимальными. Это позволяет уменьшить объём механической обработки при их изготовлении и сократить отходы металла. По этой причине конструкция вала с канавками и пружинными кольцами более технологична конструкции вала с буртами.

2. Длины ступеней валов желательно проектировать равными или кратными длине короткой ступени, если токарная обработка валов будет осуществляться на многорезцовых станках. Такая конструкция позволяет упростить настройку резцов и сократить их холостые перемещения.

3. Шлицевые и резьбовые участки валов желательно конструировать открытыми или заканчивать канавками для выхода инструмента. Канавки на валу необходимо задавать одной ширины, что позволит прорезать их одним резцом.

4. Валы должны иметь центровые отверстия. Запись в технических требованиях о недопустимости центровых отверстий резко снижает технологичность вала. В таких случаях заметно удлинять заготовку для нанесения временных центров, которые срезают в конце обработки.

Материалы и заготовки валов

Валы, в основном, изготавливают из конструкционных и легированных сталей, к которым предъявляются требования высокой прочности, хорошей обрабатываемости, малой чувствительности к концентрации напряжений, а также повышенной износостойкости. Этим требованиям, в определенной степени, отвечают стали марок 35, 40, 45, 40Г, 40ХН и др. Достаточно редко валы отливают из чугуна.

В технических требованиях на изготовление валов прежде всего указываются твёрдость материала или необходимость соответствующей термической обработки. Если значение твёрдости не превышает НВ 200...230, то заготовки подвергают нормализации, отжигу или термической обработке. Для увеличения износостойкости валов повышают твёрдость их рабочих поверхностей. Часто это достигается поверхностной закалкой токами высокой частоты, обеспечивающей твёрдость HRCэ48...55. Поверхности валов из малоуглеродистых марок стали подвергают цементации на глубину 0,7... 1,5 мм с последующей закалкой и отпуском. Таким способом можно достичь твердости HRCэ55...60.

Производительность механической обработки валов во многом зависит от вида заготовки, ее материалов, размера и конфигурации, а также от характера производства.

Заготовки получают отрезкой от горячекатаных или холодноотянутого нормальных прутков и непосредственно подвергают механической обработке.

Прокат круглого сечения поступает на машиностроительные заводы в виде многометровых прутков, из которых в заготовительных цехах нарезаются заготовки необходимой длины. Резка может быть проведена различными способами на различном оборудовании с соблюдением следующих условий. Процесс должен быть производительным, обеспечивать требуемую точность по длине заготовки, перпендикулярность торцов вала, необходимое качество поверхности торцов, включая заданную шероховатость, а также минимальные потери металла.

В наибольшей мере указанным требованиям отвечают отрезные круглопильные станки, применяемые в серийном и массовом производствах. В качестве режущего инструмента в них применяются пильные диски, оснащённые сегментами из быстрорежущей стали. Таким диском можно разрезать прокат диаметром до 240 мм или пакет прутков меньшего диаметра. Торцы заготовок после отрезки имеют шероховатость Ra – 25мкм.

В мелкосерийном и единичном производствах применяются более простые, но менее производительные отрезные ножовочные станки. Тонкие ножовочные полотна дают узкий пропилен, но вследствие малой жёсткости не обеспечивают высокой перпендикулярности торцов заготовок.

Резка прутков и труб из высокотвёрдых, закалённых сталей наиболее эффективна на абразивно-отрезных станках, оснащённых тонкими, толщиной 3...6 мм абразивными кругами на бакелитовой или вулканитовой связках. Благодаря высокой скорости вращения, достигающей 80 м/с, круги быстро разрезают пруток, образуя ровный срез с шероховатостью Ra=3,2...6,3 мкм. Во избежание пережога торцов зона резания обильно поливается охлаждающей жидкостью.

В сравнении с перечисленными, другие методы резки применяются реже. К ним относятся резка на токарно-отрезных станках отрезными резцами, на фрезерных станках прорезными фрезами, резка фрикционными пилами. Фрикционная пила представляет собой тонкий стальной диск, которому сообщается скорость вращения выше 100 м/с. В месте контакта с заготовкой выделяющаяся вследствие трения теплота расплавляет металл прутка, что обеспечивает высокую производительность процесса. Однако оплавление торцов заготовок снижает их качество. К наиболее производительным методам относятся рубка прутков на прессах и резка ножницами. Существенным недостатком этих методов, ограничивающим их применение, является смятие концов заготовок.

На машиностроительные заводы прокат поступает с заметными отклонениями от прямолинейности оси. Для устранения кривизны прутки перед резкой подвергают правке. Для этой цели служат правильно-калибровочные станки. Нарезанные заготовки перед началом обработки, а иногда и в процессе дальнейшей обработки также приходится подвергать правке. Такую правку обычно проводят на прессах.

Заготовки такого вида применяют в основном в мелкосерийном и единичном производстве, а также при изготовлении валов с небольшим количеством ступеней и незначительными перепадами их диаметров.

В производстве с более значительным масштабом выпуска, а также при изготовлении валов более сложной конфигурации с большим количеством ступеней, значительно различающихся по диаметру, заготовки целесообразно получать методом пластической деформации. Эти методы (ковка, штамповка, периодический прокат, обжатие на ротационно-ковочных машинах, электровысадка) позволяют получать заготовки, по форме и размерам наиболее близкие к готовой детали, что значительно повышает производительность механической обработки и снижает металлоемкость изделия.

Выбор наиболее рационального способа получения заготовки в каждом отдельном случае определяется комплексно с учетом технико-экономической целесообразности. С увеличением масштабов выпуска особое значение приобретают эффективность использования металлов и сокращение трудоемкости механической обработки. **Поэтому в крупносерийном и массовом** производстве преобладают методы получения заготовок с коэффициентом использования металлов от 0,7 и выше (отношение массы детали к норме расхода металла), достигающего в отдельных случаях до 0,95. Полые валы целесообразно изготавливать из труб.

Основные схемы базирования

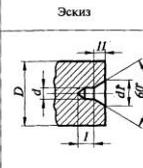
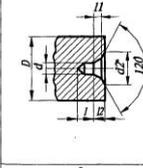
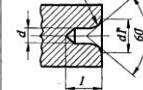
Основными базами подавляющего большинства валов являются поверхности его опорных шеек. Однако использовать их в качестве технологических баз для обработки наружных поверхностей, как правило, затруднительно, особенно при условии сохранения единства баз. Поэтому при большинстве операций за технологические базы принимают поверхности центровых отверстий с обоих торцов заготовки, что позволяет обрабатывать почти все наружные поверхности вала на постоянных базах с установкой его в центрах.

При этом может возникать погрешность базирования, влияющая на точность взаимного расположения шеек, равная величине несовпадения оси центровых отверстий и общей оси опорных шеек.

Для исключения погрешности базирования при выдерживании длин ступеней от торца вала необходимо в качестве технологической базы использовать торец заготовки. С этой целью заготовку устанавливают на плавающий передний центр.

Форма и размеры центровых отверстий стандартизованы. Существует несколько типов центровых отверстий, из которых для валов чаще всего применяются три (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Эскиз	Обозначение	Назначение
	A без предохранительного конуса	Изделия, после обработки необходимость в центровых отверстиях отпадает
	B с предохранительным конусом	Изделия, в которых центровые отверстия являются базой для повторного или многократного использования, либо сохраняются в готовых изделиях
	R с дугообразными образующими	Изделия повышенной точности.

Рабочими участками являются конуса, которыми вал опирается на центры станка в процессе обработки. Цилиндрические участки диаметром d необходимы для предотвращения контакта вершин станочных центров с заготовкой. При обработке крупных, тяжёлых валов применяют усиленные станочные центры с углом конуса 75° или 90° . С соответствующими углами конусов выполняют и центровые отверстия валов. Предохранительный конус с углом 120° позволяет избежать случайных забоин на рабочем конусе в процессе межоперационного транспортирования вала. Валы с предохранительными конусами более ремонтпригодны.

Использование центров в качестве установочных элементов предусматривает применение того или иного поводкового устройства, передающего крутящий момент заготовке.

Таковыми устройствами являются поводковые патроны, хомутики и т. п.

Тема 1.2. Методы обработки наружных цилиндрических поверхностей (лекция – дискуссия 2 часа)

Наружные и внутренние цилиндрические поверхности и прилегающие к ним торцы образуют детали типа тел вращения.

Согласно технологическому классификатору деталей машиностроения и приборостроения к таким деталям относят детали классов 71 и 72 «Детали типа тел вращения» и класса 75 «Детали типа тел вращения и не тел вращения». В свою очередь, детали – тела вращения делят на три типа в зависимости от соотношения длины детали L к наибольшему наружному диаметру D . При $L/D > 2$ это валы оси, шпиндели, штоки, шестерни, гильзы, стержни и т.п.; при $2 \geq L/D > 0,5$ включительно – втулки, стаканы, пальцы, барабаны и др.; при $L/D \leq 0,5$ включительно – диски, кольца, фланцы, шкивы и т.п.

Детали, имеющие поверхности вращения (цилиндрические, наружные, фасонные, цилиндрические внутренние и др.) обрабатывают на различных станках: токарной группы (токарно-винторезные, токарно-карусельные, токарно-револьверные, одношпиндельные и многшпиндельные полуавтоматы и автоматы, станки для тонкого точения и др.); шлифовальной группы (круглошлифовальные, бесцентрово-шлифовальные, притирочные, полировальные и т. п.). Станки этих групп применяют как обычные, так и с числовым программным управлением (ЧПУ).

Методы предварительной обработки наружных цилиндрических поверхностей

Обработка на токарных станках

Для обработки наружных поверхностей применяют как центровые, так и бесцентровые станки. Широкое применение нашли универсальные токарные патронно-центровые станки горизонтальной компоновки, станки с ЧПУ.

Наиболее распространенным методом обработки цилиндрических наружных поверхностей является точение резцом (резцами).

При установке и обработке данных заготовок валов, осей, стержней и т. п. в качестве дополнительной опоры, повышающей жесткость технологической системы, применяют люнеты (подвижные и неподвижные).

Для точения цилиндрических поверхностей и поверхностей, прилегающих к ним и ограничивающих их длину (торцы, уступы, канавки, радиусы и т. п.), применяют проходные, подрезные (прямые и отогнутые), отрезные, канавочные и другие резцы с напайными пластинами из быстрорежущей стали или твердых сплавов и композиционных материалов.

Напайные пластины на резцах применяют в единичном производстве чаще, чем многогранные пластины с механическим креплением, которые широко распространены в серийном и массовом производстве при обработке заготовок на станках с ЧПУ.

Проходные резцы для чистовой обработки выполняют с большим радиусом закругления при вершине резца и более тщательно доводят режущие грани. При достаточной жесткости станка применяют чистовые широкие резцы из твердого сплава, чем достигается высокое качество поверхности.

При токарной обработке различают:

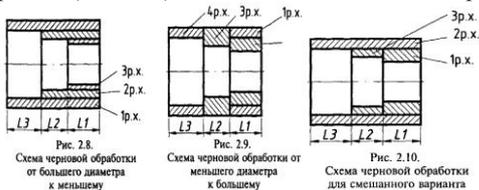
а) черновое точение (или обдирочное) – с точностью обработки IT13...IT12 с шероховатостью поверхности R_a до 6,3 мкм;

б) получистовое точение – IT12...IT11 и шероховатость до $R_a = 1,6$ мкм;

в) чистовое точение – IT10...IT8 и шероховатость до $R_a = 0,4$ мкм.

При черновом обтачивании, как и при любой черновой обработке снимают до 70 % припуска. При этом назначают максимально возможные глубину резания V и подачу S .

Черновое обтачивание заготовок из проката (поковки) может быть выполнено по трём схемам:



1) от большего диаметра к меньшему (рис. 2.8), используемая для валов с ослабленными конечными шейками. Основное время при работе по этой схеме рассчитывается следующим образом:

$$T_{O1} = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{3 \cdot l_1 + 2 \cdot l_2 + l_3}{n \cdot S};$$

2) от меньшего диаметра к большему (рис. 2.9); при этом каждая ступень обтачивается отдельно – схема для жёстких валов

$$T_{O2} = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{2 \cdot l_1 + l_2 + l_3}{n \cdot S};$$

3) комбинированная схема (рис. 2.10) используется для обнаружения дефектов

$$T_{O3} = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{2 \cdot l_1 + 2 \cdot l_2 + l_3}{n \cdot S}$$

Как видно из приведенных формул, наиболее производительной является вторая схема. На черновых операциях повышения производительности обработки добиваются увеличением глубины резания (уменьшением числа рабочих ходов), а также подачи.

На чистовых операциях подача ограничивается заданной шероховатостью поверхности, поэтому сокращение основного времени, возможно за счет увеличения скорости резания.

Обработка на токарно-карусельных станках.

На универсальных токарно-карусельных станках обрабатывают заготовки деталей типа тел вращения разнообразной формы диаметром до 10000 мм при $l/d = 1$. Основными типами токарно-карусельных станков, выпускаемых станкостроительной промышленностью, являются: одностоечные с одним вертикальным суппортом с пятипозиционной револьверной головкой и боковым суппортом с четырехрезцовым поворотным резцедержателем; двухстоечные с двумя вертикальными и одним боковым суппортами.

Схемы точения цилиндрических поверхностей приведены на рис. 2.11.

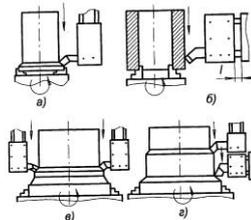


Рис. 2.11. Схемы обработки на токарно-карусельных станках

Токарно-карусельные станки с ЧПУ позволяют автоматизировать обработку и в 2...2,5 раза повысить производительность труда.

Обработка на токарно-револьверных станках.

На токарных станках общего назначения переходы сложной операции выполняют последовательно один за другим. При обработке на токарно-револьверных станках в серийном производстве производительность труда повышают путем совмещения переходов операции и применения многоинструментных наладок. На токарно-револьверных станках обрабатывают разнообразные заготовки деталей типа тел вращения из пруткового материала или из штучных заготовок. При одностороннем расположении ступеней и длине вала до 120 мм обработку производят из прутка, выполняя до отрезки детали, все черновые и чистовые переходы. Уменьшение отжима прутка при обработке обеспечивается использованием люнетов и многорезцовых державок для уравновешивания силы резания.

Характерной особенностью токарно-револьверных станков является наличие револьверной головки, в которой размещается режущий инструмент. Подвод инструмента в рабочую зону осуществляется поворотом револьверной головки.

Различают токарно-револьверные станки с вертикальной осью вращения револьверной головки и с горизонтальной осью вращения. Револьверные головки имеют возвратно-поступательное движение, а с горизонтальной осью – еще и поперечное перемещение. Совмещение переходов обработки в операции типично для револьверных станков.

Токарно-револьверные станки при обработке наружных поверхностей обеспечивают точность по 12...9-му качеству и параметр шероховатости поверхности $Ra = 12,5 \dots 6,3$ мкм.

Обработка на токарных многорезцовых станках и копировальных полуавтоматах.

Токарно-многорезцовые станки рассчитаны (так же как и револьверные станки) на повышение производительности труда путем совмещения переходов операции и автоматического получения операционных размеров. Эти станки предназначены для обработки (в патроне или в центрах) заготовок деталей типа ступенчатых валов, блоков шестерен, валов-шестерен, фланцев, шкивов и т.п. в условиях среднесерийного и крупносерийного производства.

Токарные многорезцовые станки и копировальные полуавтоматы имеют два суппорта, работают в полуавтоматическом цикле. Они, как правило, одношпиндельные с горизонтальной и вертикальной компоновками. Обычно на многорезцовых станках обрабатывают заготовки диаметром до 500 мм, длиной до 1500 мм.

Настройка резцов производится так, чтобы обработка всех участков вала заканчивалась одновременно.

Основное время рассчитывают для резца, который обтачивает наиболее длинную поверхность (или в совокупности по двум и более поверхностям, образующим общую длину обработки).

Точность обработки на многорезцовых станках обеспечивается в пределах 13...14-го качества. Для повышения производительности при обработке ступенчатых жестких заготовок в крупносерийном и массовом производствах применяют точение широкими резцами с поперечной подачей.

Обработка на одношпиндельных и многошпиндельных токарных автоматах и полуавтоматах.

В крупносерийном и массовом производстве наружные цилиндрические поверхности заготовок деталей типа тел вращения в основном обрабатывают на автоматах и полуавтоматах.

Автоматы и полуавтоматы, в зависимости от компоновок, делятся на горизонтальные и вертикальные, а по числу шпинделей – на одношпиндельные и многошпиндельные.

Горизонтальные одношпиндельные автоматы подразделяют на автоматы продольного точения и токарно-револьверные. На автоматах продольного точения изготавливают детали из прутка диаметром до 30 мм и длиной до 100 мм, при этом обеспечивается точность по 7...6-му качеству и $Ra=0,63...0,16$ мкм. Такие автоматы чаще всего применяют в часовой, радио- и приборостроительной промышленности.

На токарно-револьверных автоматах изготавливают детали сложной формы из прутков диаметром 10...63 мм, точность обработки соответствует 10... 8-му качеству, $Ra=2,5...0,63$ мкм. На рис. 2.15 показана последовательность обработки на токарно-револьверном автомате с горизонтальной осью вращения револьверной головки.

Многошпиндельные горизонтальные автоматы и полуавтоматы подразделяют на горизонтальные прутковые автоматы и патронные полуавтоматы. Токарные многошпиндельные прутковые автоматы (четырёх-, шести- и восьмишпиндельные) применяются для обработки заготовок из прутков диаметром 12...100 мм и длиной до 160 мм. Точность обработки обеспечивается в пределах 7...10-го качества, а $Ra=2,5...0,63$ мкм.

На токарных многошпиндельных патронных полуавтоматах обрабатывают, как правило, штучные заготовки длиной до 200 мм и диаметром до 200 мм в зависимости от модели станка. По точности они не уступают прутковым автоматам.

При обработке заготовок на автоматах и полуавтоматах применяют различные схемы построения операций (параллельная, последовательная и параллельно-последовательная).

Чаще всего используют четырехшпиндельные автоматы.

Обработка на многошпиндельных вертикальных полуавтоматах.

В массовом и крупносерийном производстве для обработки наружных цилиндрических поверхностей заготовок деталей типа тел вращения широкое применение нашли многошпиндельные токарные вертикальные полуавтоматы последовательного и непрерывного (параллельного) действия.

Полуавтоматы последовательного и непрерывного действия применяют для обработки заготовок различных деталей диаметром до 630 мм. Они имеют шесть – восемь шпинделей. Заготовки устанавливают в патронах, центрах или специальных приспособлениях.

Многошпиндельные полуавтоматы последовательного действия предназначены для обработки заготовок в патронах и могут работать как по последовательной, так и по параллельно-последовательной схемам.

Полуавтоматы непрерывного действия предназначены для обработки заготовки в центрах и патронах. Они служат для обработки поковок и отливок сравнительно несложной формы. Точность обеспечивается по 11...10-му качеству. Примеры смотреть в литературе

Фрезерование и протягивание

Одним из производительных методов обработки наружных поверхностей вращения является фрезерование.

Процесс реализуют на специальных фрезерных станках при обработке заготовок ступенчатых валов, коленчатых и т. п. Его можно выполнять на вертикально-фрезерных станках и станках с ЧПУ концевыми фрезами. Точность обработки по контуру обеспечивается по 10...9-му качеству, а $Ra=12,5...6,3$ мкм.

Протягивание наружных цилиндрических и других поверхностей применяют в массовом производстве и выполняют на станках специального назначения, например станках для протягивания шеек коленчатого вала двигателей внутреннего сгорания.

При протягивании заготовка вращается, а плоская протяжка прямолинейно перемещается. Ширина протяжки соответствует ширине обрабатываемой поверхности. При этом каждый зуб протяжки работает как резец.

Протягивание является высокопроизводительным методом обработки и обеспечивает точность по 8...7-му качеству и $Ra=6,3...0,2$ мкм.

Методы чистовой обработки наружных цилиндрических поверхностей

К методам чистовой обработки относятся: тонкое точение и различные методы шлифования. Они, как правило, позволяют обеспечить требуемые точность размеров, формы, взаимного расположения и, в большинстве случаев, качество поверхностного слоя.

Тонкое (алмазное) точение

Тонкое точение применяется, главным образом, для отделки деталей из цветных металлов и сплавов (бронза, латунь, алюминиевые сплавы и другие) и от части для деталей из чугуна и закаленных сталей (HRC345...60). Объясняется это тем, что шлифование цветных металлов и сплавов значительно труднее, чем стали и чугуна, вследствие быстрого засаливания кругов. Кроме того, имеются некоторые детали, шлифование которых не допускается из-за возможного шаржирования поверхности.

Тонкое точение обеспечивает получение наружных цилиндрических поверхностей вращения правильной геометрической формы с точным пространственным расположением осей и является высокопроизводительным методом.

При тонком точении используются алмазные резцы или резцы, оснащённые твёрдым сплавом (Т30К4, синтетические сверхтвёрдые материалы типа оксидная керамика ВОК60 ($Al_2O_3 + TiC$) и оксидно-нитридная керамика "кортинит" ($Al_2O_3 + TiN$)) гексанит-Р, эльбор-Р.

Тонкое точение характеризуется незначительной глубиной резания ($t=0,05...0,2$ мм), малыми подачами ($S=0,02...0,2$ мм/об) и высокими скоростями резания ($V=120...1000$ м/мин). Точность размеров IT5...IT6; $Ra=0,8...0,4$ мкм.

Подготовка поверхности под тонкое точение сводится к чистовой обработке с точностью IT9...IT10. Весь припуск снимается за один рабочий ход. Применяются станки особо высокой точности, жёсткости и виброустойчивости. На этих станках не следует выполнять другие операции.

Шлифование

Шлифование наружных поверхностей деталей типа тел вращения производят на круглошлифовальных, торцекруглошлифовальных станках, бесцентрово-шлифовальных полуавтоматах и автоматах как высокой, так и особо высокой точности.

Шлифование – основной метод чистовой обработки наружных цилиндрических поверхностей. Шейки валов шлифуют в две операции: предварительное и чистовое шлифование. После чистового шлифования точность размера IT6, а шероховатость $Ra=1,6...0,4$ мкм.

Как правило, все наружные цилиндрические поверхности с точностью выше IT8 и шероховатостью $Ra=1,6...0,4$ мкм подвергают после чистового точения шлифованию.

При обработке на круглошлифовальных и торцевкруглошлифовальных станках заготовки устанавливают в центрах, патроне, цанге или в специальном приспособлении.

Заготовке сообщается вращение с окружной скоростью $V = 10 \dots 50$ м/мин; она зависит от диаметра обработки заготовки. Окружная скорость шлифовального круга (скорость резания) $V = 30 \dots 60$ м/с. Подача S и глубина резания t варьируются в зависимости от способов шлифования. Различают следующие разновидности шлифования: продольное (с продольным движением подачи) и врезное (с поперечным движением подачи). *Примеры смотрите в литературе*

Перечисленные методы шлифования применяют как для предварительной, так и для чистовой обработки. В качестве отделочной обработки используют *тонкое шлифование*. Тонкое шлифование дает возможность получить высокую точность (по 5...6-му качеству) и $Ra = 0,1$ мкм. Тонкое шлифование осуществляется мягкими мелкозернистыми кругами. Рабочая скорость круга более 40 м/с при небольшой окружной скорости обрабатываемой заготовки (до 10 м/мин) и малой глубине шлифования (до 5 мкм). Процесс осуществляется с обильным охлаждением.

Методы повышения качества поверхностного слоя деталей

К ним относятся различные методы упрочнения и отделочная обработка. Их основной задачей является обеспечение заданного качества поверхностного слоя, которое характеризуется его физико-механическими свойствами и микрогеометрией.

Методы упрочнения

Известно, что состояние поверхностного слоя валов и других деталей оказывает существенное влияние на эксплуатационные свойства машин. Специальной обработкой можно придать поверхностным слоям деталей машин особые физико-механические свойства. Для этой цели в машиностроении применяют ряд методов. Все эти методы могут быть классифицированы следующим образом:

- методы поверхностной термической обработки [обычная закалка, закалка токами высокой частоты (ТВЧ)];
- химико-термические методы (цементация, азотирование, цианирование);
- диффузионная металлизация (диффузионное алитирование, хромирование, силицирование и др.);
- покрытие Поверхностей твердыми сплавами и металлами (покрытие литыми и порошкообразными сплавами);
- металлизация поверхностей (распылением расплавленным металлом);
- поверхностно-пластическое деформирование.

Закалка поверхностная – нагревание электротокком или газовым пламенем поверхности изделия. Сердцевина изделия после охлаждения остается незакаленной. Закалкой получается твердая износостойчивая поверхность при сохранении прочной и вязкой сердцевины. Кроме того, поверхностная закалка может осуществляться с помощью лазерного луча.

Цементация – насыщение поверхностного слоя стали углеродом при нагревании ее в твердом, газообразном или жидком карбюризаторе, выдержка и последующее охлаждение. Детали после цементации подвергаются закалке для достижения высокой твердости поверхностного слоя и сохранения пластичной сердцевины.

Азотирование – насыщение поверхностного слоя стали азотом при нагревании в газообразном аммиаке (температура не ниже 450°C), выдержка при этой температуре и последующее охлаждение. Повышается Твердость, износостойчивость и антикоррозийные свойства.

Цианирование – одновременное насыщение поверхностного слоя стали углеродом и азотом. При этом повышаются твердость, износостойкость.

Для придания стали специальных физических и химических свойств (жаростойкости, антикоррозийных свойств и др.) применяют диффузионную металлизацию. Она заключается в нагревании стальной поверхности, контактирующей с металло-содержащей средой, до высокой температуры, насыщении поверхности алюминием (алитирование), хромом (диффузионное хромирование), кремнием (силицирование) и другими металлами, выдержке и последующем охлаждении.

Покрытие поверхностей твердыми сплавами и металлами, а также металлизацию (напыление) применяют для повышения износостойкости поверхностей.

При использовании в качестве присадочного материала порошков возможны следующие методы напыления – плазменное напыление, с применением лазеров, и др.

Поверхностно-пластическое деформирование (ППД) – один из наиболее простых и эффективных технологических путей повышения работоспособности и надежности изделий машиностроения. В результате ППД повышаются твердость и прочность поверхностного слоя, формируются благоприятные остаточные напряжения, уменьшается параметр шероховатости Ra , увеличиваются радиусы закругления вершин, относительная опорная длина профиля и т.п.

Формирование поверхностного слоя с заданными свойствами должно обеспечиваться технологией упрочнения.

Основные способы поверхностного пластического деформирования, достигаемая точность и шероховатость поверхностей рассмотрены в литературе.

Наиболее широко применяют способы обкатывания и раскатывания шариковыми и роликовыми обкатниками наружных и внутренних цилиндрических, плоских и фасонных поверхностей. Цилиндрические наружные, внутренние, фасонные поверхности обрабатываются, как правило, на токарных, револьверных, сверлильных и других станках; плоские поверхности – на строгальных, фрезерных станках.

Качество обрабатываемой поверхности при обкатывании роликами и шариками в значительной степени зависит от режимов деформирования: силы обкатывания (или давления на ролик и шарик), подачи, скорости, числа рабочих ходов и применяемой смазочно-охлаждающей жидкости. До обкатывания и раскатывания заготовки обрабатывают точением, шлифованием и другими способами, обеспечивающими точность, но 7...9-му качеству и $Ra < 1,6 \dots 0,2$ мкм. Припуск на обработку обычно рекомендуется выбирать равным $0,005 \dots 0,02$ мм.

Отделочная обработка

На этапе отделочной обработки обеспечиваются повышенные требования к шероховатости поверхности. При этом могут повышаться в небольшой степени точность размеров и формы обрабатываемых поверхностей. К методам отделочной обработки относятся доводка, притирка, суперфиниширование, полирование и пр.

Абразивная доводка является окончательным методом обработки заготовок деталей типа тел вращения, обеспечивающим малые отклонения размеров, отклонение формы обрабатываемых поверхностей и $Ra = 0,16 \dots 0,01$ мкм. Этот метод характеризуется одновременным протеканием механических, химических и физико-химических процессов. Доводку выполняют с помощью ручных притиров или на специальных доводочных станках.

Суперфиниширование – отделочная обработка различных поверхностей деталей, в том числе цилиндрических, абразивными брусками.

В результате **суперфиниширования** шероховатость поверхности снижается до $Ra = 0,1 \dots 0,012$ мкм, увеличивается относительная опорная длина профиля поверхности с 20 до 90 %. Существенного изменения размеров и макрогеометрии поверхности не наблюдается. Обработка производится мелкозернистыми (зернистость не ниже 320) брусками с добавлением сма-

зочного вещества (смесь керосина с маслом) при небольшой скорости (до 2,5 м/с) и с весьма малыми давлениями инструмента на поверхность детали (0,1...0,3 МПа – для заготовок деталей из стали; 0,1...0,2 МПа – для заготовок деталей из чугуна и 0,05...0,1 МПа – для заготовок деталей из цветных металлов).

Толщина снимаемого слоя металла 0,005...0,02 мм

Полирование предназначено для уменьшения параметров шероховатости поверхности без устранения отклонений размеров и формы деталей. При окончательном полировании достигается (при малых давлениях резания 0,03...0,2 МПа) параметр шероховатости $Ra=0,1...0,012$ мкм. Абразивными инструментами являются эластичные круги (войлок, ткань, кожа и т. п.), покрытые полировальными пастами, шлифовальные шкурки и свободные абразивы (обработка мелких заготовок в барабанах и виброконтейнерах). В качестве абразивных материалов применяют электрокорунд, карбиды кремния, бора, окис хрома, железа, алюминия, пасты ГОИ, алмазные и эльборовые шкурки и др.

Более подробные характеристики, типы и области применения абразивных инструментов и шлифовальных материалов приведены в соответствующих справочниках.

Обработка на валах элементов типовых сопряжений

Кроме цилиндрических и конических поверхностей вращения валы обычно содержат также и другие элементы, к которым относятся шпоночные пазы, шлицевые и резьбовые поверхности и т.п.

Для передачи крутящего момента деталям, сопряженным с валом, широко применяют шпоночные и шлицевые соединения.

Обработка на валах шпоночных пазов

Наибольшее распространение в машиностроении получили призматические и сегментные шпонки.

Шпоночные пазы для призматических шпонок могут быть сквозными закрытыми с одной стороны закрытыми с двух сторон, т.е. глухими (рис. 2.27, в). Наименее технологичными являются глухие шпоночные пазы. Предпочтительнее применение сквозных пазов и пазов закрытых с одной стороны, но с радиусным выходом.

Шпоночные пазы изготавливаются различными способами в зависимости от конфигурации паза и вида применяемого инструмента; они выполняются на горизонтально-фрезерных или вертикально-фрезерных станках общего назначения или специальных.

Сквозные и закрытые с одной стороны шпоночные пазы **изготавливаются фрезерованием дисковыми фрезами**. Фрезерование пазов производится за один – два рабочих хода. Этот способ наиболее производителен и обеспечивает достаточную точность ширины паза.

Применение этого способа ограничивает конфигурация пазов: закрытые пазы с закруглениями на концах не могут выполняться этим способом; они изготавливаются концевыми фрезами за один или несколько рабочих ходов.

Фрезерование концевой фрезой за один рабочий ход производится таким образом, что сначала фреза при вертикальной подаче проходит на полную глубину паза, а потом включается продольная подача, с которой шпоночный паз фрезеруется на полную длину. При этом способе требуется мощный станок, прочное крепление фрезы и обильное охлаждение. Вследствие того, что фреза работает в основном своей периферической частью, диаметр которой после заточки несколько уменьшается, то в зависимости от числа переточек фреза дает неточный размер паза по ширине.

Для получения по ширине точных пазов применяются специальные шпоночно-фрезерные станки с маятниковой подачей, работающие концевыми двуспиральными фрезами с торцовыми режущими кромками. При этом способе фреза врезается на 0,1...0,3 мм и фрезерует паз на всю длину, затем опять врезается на ту же глубину, как и в предыдущем случае, и фрезерует паз опять на всю длину, но в другом направлении. Отсюда и происходит определение метода – «маятниковая подача». Этот метод является наиболее рациональным для изготовления шпоночных пазов в серийном и массовом производствах, так как дает вполне точный паз, обеспечивающую полную взаимозаменяемость в шпоночном соединении. Кроме того, поскольку фреза работает торцовой частью, она будет долговечнее, так как изнашивается не периферическая ее часть, а торцовая. **Недостатком** этого способа является значительно большая затрата времени на изготовление паза по сравнению с фрезерованием за один рабочий ход и тем более с фрезерованием дисковой фрезой.

Отсюда вытекает следующее: 1) метод маятниковой подачи надо применять при изготовлении пазов, требующих взаимозаменяемости; 2) фрезеровать пазы за один рабочий ход нужно в тех случаях, когда допускается пригонка шпонок по канавкам.

Сквозные шпоночные пазы валов можно обрабатывать на строгальных станках. Пазы на длинных валах, например, на ходовом вале токарного станка, строгают на продольно-строгальном станке. Пазы на коротких валах строгают на поперечно-строгальном станке – преимущественно в единичном и мелкосерийном производствах.

Шпоночные пазы **под сегментные шпонки** изготавливаются фрезерованием с помощью дисковых фрез.

Шпоночные пазы в отверстиях втулок зубчатых колес, шкивов и других деталей, надеваемых на вал со шпонкой, обрабатываются в единичном и мелкосерийном производствах на долбежных станках, а в крупносерийном и массовом – на протяжных станках.

Обработка на валах шлицев

Шлицевые соединения широко применяются в машиностроении (станкостроении, автомобиле- и тракторостроении и других отраслях) для неподвижных и подвижных посадок.

Различают шлицевые соединения прямоугольного, эвольвентного и треугольного профиля.

В наиболее часто используемых шлицевых соединениях прямоугольного профиля сопряженные детали центрируются тремя способами (см. рис.):

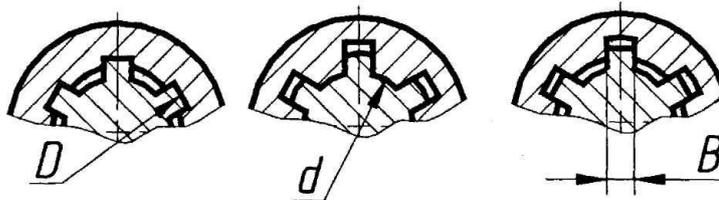


Рис. 2.12. Виды центрирования шлицевых соединений

- центрированием втулки (или зубчатого колеса) по наружному диаметру (D) шлицевых выступов вала;
- центрированием втулки (или зубчатого колеса) по внутреннему диаметру (d) шлицев вала (т. е. по дну впадины);
- центрированием втулки (или зубчатого колеса) по боковым сторонам (b) шлицев.

Центрирование по D наиболее технологично, но его использование ограничивается в основном неподвижными шлицевыми соединениями не требующие повышенной твердости. Центрирование по (d) применяется в тех случаях, когда элементы шлицевого соединения используются для подвижных сопряжений, подвергнутых закалке. Центрирование по «b» применимо в случае передачи больших крутящих моментов с реверсированием вращения.

Технологический процесс изготовления шлицев валов зависит от того, какой принят способ центрирования вала и втулки, т. е. термообрабатываются или нет поверхности шлицев.

Приведем в качестве примера маршруты обработки шлицев на валах соответственно не подвергаемых и подвергаемых термообработке:

- черновая токарная обработка, чистовая токарная обработка и шлифование цилиндрических поверхностей под нарезание шлицев, нарезание шлицев, снятие заусенцев и промывка;

- черновая токарная обработка, чистовая токарная обработка, нарезание шлицев с припуском под шлифование, фрезерование канавок для выхода круга при шлифовании центрирующей поверхности внутреннего диаметра (если на первой операции применяется фреза без усиков), термическая обработка, шлифование поверхностей шлицев, снятие заусенцев и промывка.

Шлицы на валах и других деталях изготавливаются различными способами, к числу которых относятся: фрезерование, строгание (шлицестрогание), протягивание (шлицепротягивание), накатывание (шлиценакатывание), шлифованием.

Фрезерование шлицев на валах небольших диаметров (до 100 мм) обычно фрезеруют за один рабочий ход, больших диаметров – за два рабочих хода. Черновое фрезерование шлицев, в особенности больших диаметров, иногда производится фрезами на горизонтально-фрезерных станках, имеющих делительные механизмы (см. литературу).

Чистовое фрезерование шлицев дисковыми фрезами производится только в случае отсутствия специального станка или инструмента, так как оно не дает достаточной точности по шагу и ширине шлицев.

Более точное фрезерование шлицев производится методом обкатки при помощи шлицевой червячной фрезы. Фреза, помимо вращательного движения, имеет продольное перемещение вдоль оси нарезаемого вала. Этот способ является наиболее точным и наиболее производительным.

Окончательная обработка шлицев по методу обкатки производится чистовым фрезерованием червячными шлицевыми фрезами высокого класса точности (AA и A).

При центрировании втулки (или зубчатого колеса) по внутреннему диаметру шлицев вала как червячная, так и дисковая фреза должна иметь «усики», вырезающие канавки у основания шлица, чтобы не было заедания во внутренних углах; эти канавки необходимы также при шлифовании по боковым сторонам и внутреннему диаметру.

Шлицестрогание реализуется, как правило, на специальных станках полуавтоматах, которые могут работать как отдельно, так и будучи встроенные в автоматическую линию. Этим методом чаще всего обрабатываются сквозные шлицы или шлицы у которых предусмотрен выход для резцов.

Все шлицы нарезаются одновременно. При этом обработка ведется набором фасонных резцов, установленных с возможностью перемещаться в радиальном направлении. Число резцов равно числу пазов нарезаемого вала.

Шлицестрогание обеспечивает шероховатость поверхности $Ra=3,2...0,8$ мкм.

Шлицепротягивание сквозных шлицев производится цепными протяжками, профиль которых соответствуют профилю шлицевого паза. Каждый паз протягивается отдельно, а для обработки всех пазов используется делительное устройство.

Для обработки несквозных шлицев используются блочные протяжки с независимой установкой и перемещением резцов в радиальном направлении.

Возможна также обработка шлицев с использованием так называемых охватывающих протяжек. Однако, из-за сложности инструмента этот процесс применяется сравнительно редко.

Шлицепротягивание обеспечивает шероховатость поверхности $Ra=1,6...0,8$ мкм.

Шлиценакатывание без нагрева детали осуществляется роликами, имеющими профиль, соответствующий форме поперечного сечения шлицев. Вращающиеся на осях ролики (диаметром 100 мм) по одному на каждый шлиц расположены радиально в сегментах массивного корпуса накатной головки.

При передвижении головки по детали свободно вращающиеся ролики, вдавливаясь в поверхность вала, образуют на ней шлицы соответствующей профилю ролика формы. Все шлицы накатываются одновременно, без вращения детали.

Шлифование шлицев осуществляется в следующих случаях.

- при центрировании шлицевых валов по наружному диаметру шлифуют только наружную цилиндрическую поверхность вала на обычных круглошлифовальных станках;

- шлифование впадины (т.е. по внутреннему диаметру шлицев вала) и боковых сторон шлицев не применяется.

- при центрировании шлицевых валов по внутреннему диаметру шлицев фрезерование последних дает точность обработки по внутреннему диаметру до 0,05...0,06 мм, что не всегда является достаточным для точной посадки.

Если шлицевые валы после черного фрезерования прошли термическую обработку в виде улучшения или закалки, то после этого они не могут быть профрезерованы начисто; их необходимо шлифовать по поверхностям впадины (т.е. по внутреннему диаметру) и боковых сторон шлицев.

Наиболее производителен способ шлифования фасонным кругом; но при таком способе шлифовальный круг изнашивается неравномерно ввиду неодинаковой толщины снимаемого слоя у боковых сторон и впадины вала, поэтому требуется частая правка круга. Несмотря на это, данный способ широко распространен в машиностроении.

Шлифовать шлицы можно в две отдельные операции: в первой шлифуют только впадины (по внутреннему диаметру), а во второй – боковые стороны шлицев. Для уменьшения износа шлифовального круга после каждого хода стола вал поворачивается, и, таким образом, шлифовальный круг обрабатывает впадины постепенно, одну за другой. Обычно вал поворачивается автоматически после каждого двойного хода стола станка. Но такой способ шлифования менее производителен, чем первый.

Для объединения двух операций шлифования в одну применяются станки, на которых шлицы шлифуются одновременно тремя кругами: один шлифует впадину, а два других – боковые поверхности шлицев.

Тема 1.3. Типовой маршрут изготовления валов (лекция – дискуссия 2 часа)

В машиностроительном производстве применяют цилиндрические резьбы – крепежные и ходовые, а также конические резьбы.

Основной крепежной резьбой является метрическая резьба треугольного профиля с углом профиля 60° .

Ходовые резьбы с прямоугольным и трапецидальным профилем; последние бывают однозаходные и многозаходные.

Резьба может быть **наружная** (на наружной поверхности детали) и **внутренняя** (на внутренней поверхности детали).

Наружную резьбу можно изготавливать различными инструментами: резцами, гребенками, плашками, самораскрывающимися резьбонарезными головками, дисковыми и групповыми фрезами, шлифовальными кругами, накатным инструментом.

Для изготовления **внутренней резьбы** применяют: резцы, метчики, раздвижные метчики, групповые фрезы, накатные ролики.

Тот или иной метод нарезания резьбы применяется в зависимости от профиля резьбы, характера и типа материала изделия, объема производственной программы и требуемой точности.

Нарезание резьб осуществляется на резьбонарезных и резьбофрезерных станках и полуавтоматах, гайконарезных автоматах, резьбонакатных, резьбошлифовальных, токарных и других станках.

Нарезание резьбы резцами и резьбовыми гребенками

Наружную и внутреннюю резьбы можно обработать на токарных станках. Это малопроизводительный процесс, так как обработка осуществляется за несколько рабочих ходов и требует высокой квалификации рабочего. Достоинством метода является универсальность оборудования, инструмента и возможность получить резьбу высокой точности. На токарных станках нарезают точные резьбы на ответственных деталях, а также нестандартные резьбы и резьбы большого диаметра. Для повышения точности резьбы осуществляют как черновые, так и чистовые рабочие ходы разными резцами.

Различают два способа нарезания треугольной резьбы: 1) радиальное движение подачи; 2) движение подачи вдоль одной из сторон профиля.

Первый способ более точный, но менее производительный, поэтому рекомендуется черновые рабочие ходы **делать вторым способом**, а чистовой – первым.

Для повышения производительности обработки резьбы применяют резьбовые гребенки – круглые и призматические. Обычно ширину гребенки принимают равной не менее чем шести шагам. При использовании гребенок снятие стружки выполняют несколько зубьев и число рабочих ходов может быть уменьшено до одного.

Для скоростного нарезания резьбы применяют резцы, оснащенные твердым сплавом, а также наборы резцов.

Токарные станки применяются для нарезания резьбы преимущественно для:

- нарезания резьбы на поверхностях, предварительно обработанных на токарном же станке, благодаря чему обеспечивается правильное положение резьбы относительно других поверхностей;
- нарезания очень точных длинных винтов (в этом случае токарный станок, работающий одним резцом, имеет преимущество перед всеми другими методами, в том числе и перед фрезерованием);
- при выполнении работ, подходящих для резьбофрезерного станка, когда его нет или объем партии мал;
- нарезания резьб большого диаметра, нестандартного профиля или шага, а также вообще во всех случаях, когда приобретение подходящих плашек и метчиков не оправдывается объемом производства;
- нарезания прямоугольных резьб, чистовое фрезерование которых невозможно, а применение плашек и метчиков хотя и возможно, но затруднительно, особенно при обработке крупных заготовок.

К недостаткам нарезания резьбы на токарных станках относятся низкая производительность, уступающая другим методам нарезания резьбы, а также зависимость точности обработки среднего диаметра от квалификации рабочего.

Таким образом, нарезание резьбы на токарном станке применяется преимущественно в единичном и мелкосерийном производствах, а в крупносерийном и массовом производствах – главным образом, для нарезания длинных или точных резьб.

В крупносерийном и массовом производствах используется нарезание резьбы вращающимися резцами, так называемый **вихревым методом**.

Нарезание резьбы метчиками, плашками и самораскрывающимися резьбонарезными головками производится на различных станках.

Внутренние резьбы нарезают обычно машинными метчиками на резьбонарезных, сверлильных, револьверных, а также на агрегатных станках, полуавтоматах и автоматах в зависимости от масштаба производства. Станки должны иметь быстродействующий реверс шпинделей для быстрого изменения направления рабочего движения на обратное, когда резьба нарезана.

Для нарезания резьбы метчиками применяются различные типы патронов: жесткие, плавающие, самовыключающиеся при соприкосновении с упором, самовыключающиеся при перегрузке крутящим моментом и др.

Жесткие патроны применяют на автоматах и полуавтоматах, а также на станках с ЧПУ. При большом отклонении от осности метчика и отверстия применяют плавающие.

В массовом и крупносерийном производстве получили широкое распространение метчики сборной конструкции (резьбонарезные головки), которые могут нарезать резьбу без реверсирования.

Наружные резьбы невысокой точности (7..8 степени точности) нарезают обычными круглыми плашками. **Плашками** с доведенными режущими кромками можно калибровать резьбы пятой степени точности.

Основной недостаток всех типов плашек – это необходимость свинчивания их по окончанию резания, что снижает производительность и несколько ухудшает качество резьбы.

Плашками нарезают резьбу как ручную, так и на различных станках токарной, сверлильной, резьбонарезной групп. Круглые плашки устанавливают на станках в специальных патронах и закрепляют тремя-четырьмя винтами. Нарезание плашками малопроизводительный процесс.

Нарезание наружной резьбы резьбонарезными самооткрывающимися головками значительно точнее, производительнее и отличается большей точностью, чем ранее рассмотренные методы; оно находит широкое применение в серийном и массовом производстве. Вращающиеся головки используют на токарных автоматах и полуавтоматах.

Фрезерование резьбы широко распространено в серийном и массовом производствах и применяется для нарезания наружных и внутренних резьб на резьбофрезерных станках. Оно осуществляется двумя основными способами: дисковой фрезой и групповой (гребенчатой) фрезой.

Нарезание дисковой фрезой применяют при нарезании резьб с большим шагом (Р) и круглым профилем и главным образом для предварительного нарезания трапецидальных резьб за один, два или три рабочих хода. При нарезании фреза вращается и совершает поступательное движение вдоль оси заготовки, причем перемещение за один оборот заготовки должно точно соответствовать шагу резьбы.

Гребенчатая резьбовая фреза представляет собой набор нескольких дисковых резьбовых фрез. Полное нарезание происходит за 1,2 оборота заготовки (0,2 оборота необходимы для полного врезания и перекрытия места врезания).

Фрезерование дисковой фрезой часто применяют как черновую обработку перед нарезанием резьбы резцом.

Фрезерование гребенчатой фрезой – применяется для получения коротких резьб с мелким шагом. Длина фрезы обычно принимается на 2...5 мм больше длины фрезеруемой детали. Групповая фреза устанавливается параллельно оси детали, а не

под углом, как дисковая фреза. Нарезание резьбы с большим углом подъема гребенчатой фрезой затруднительно. Фрезерование резьбы является одним из наиболее производительных методов обработки резьбы.

Шлифование резьб выполняют чаще всего после термической обработки заготовок.

Резьбошлифование может быть наружным и внутренним, осуществляется на различных резьбошлифовальных станках.

Существуют следующие способы шлифования резьбы: однопрофильным кругом; многопрофильным кругом с продольным движением подачи; врезное; широким многопрофильным кругом.

Типовые технологические операции обработки различных поверхностей валов в серийном производстве

Поверхность вала	Квалитет	Шероховатость R_a , мкм	Характер и последовательность выполнения операции (переходов)
Цилиндрическая и коническая незакаленные	11 и грубее 9 и грубее 6...8	25 и грубее 3,2 и грубее 0,4...1,6	Черновое точение на станках класса Н Черновое и чистовое точение на станках класса Н Черновое и чистовое точение и круглое шлифование на станках класса Н Черновое и чистовое точение на станках класса П
Цилиндрическая и коническая закаленные	6...8	0,4...1,6	Черновое и чистовое точение, закалка, круглое шлифование на станках Н Черновое и чистовое точение, закалка, чистовое точение на станках класса П с использованием сверхтвердых резцовых материалов на основе нитрида бора (композиит 01, карбонадо, например марки АСПК) и др.
Шлицевая закаленная	6 для наружного диаметра	0,4...1,6	Черновое, чистовое точение, круглое шлифование и шлифшлифование
Закаленная шлицевая	6...7 для внутреннего диаметра	0,4...1,6	Черновое, чистовое точение, шлифрезерование, закалка и шлифшлифование Чистовое точение, шлифрезерование, закалка и шлифшлифование
Цилиндрическая со шпоночной канавкой	Ширинка канавки 8...9, 6...8 для наружного диаметра	0,4; 1,6; 0,8	Черновое, чистовое точение, шпоночное фрезерование и круглое шлифование Чистовое точение, фрезерование шпонок и круглое шлифование
Поверхность вала	Квалитет	Шероховатость R_a , мкм	Характер и последовательность выполнения операции (переходов)
Крепежная резьба с нормальным и мелким шагом	8h...8g	1,6	Черновое, чистовое точение, нарезание резьбы плашками или резьбофрезерованием Чистовое точение, нарезание резьбы плашками или резцами Получистовое точение и накатывание резьбы
Резьбовая с нормальным и мелким шагом	4h...6g	0,8	Чистовое, черновое точение и нарезание резьбы резцами Черновое, чистовое точение, резьбокатывание и резьбошлифование

Шлифование однопрофильным кругом является универсальным и точным методом. Его применяют для изготовления метчиков, резьбовых пробок, резьбовых колец и т. п.

Многопрофильные круги, шлифующие резьбу с продольным движением подачи, имеют заходную конусную часть. В обработке участвуют все нитки шлифовального круга, что является преимуществом перед врезным шлифованием, так как увеличивает производительность.

В массовом производстве успешно применяют высокопроизводительный метод шлифования резьбы – **бесцентровое шлифование**.

Резьбонакатывание (выдавливание) осуществляется последовательным или одновременным копированием путем пластического деформирования профиля накатного резьбового инструмента на заданном участке заготовки.

Накатывание наружной резьбы можно осуществлять на резьбокатных и специальных автоматических станках двумя способами: плоскими плашками и накатными роликами.

На практике широко распространено накатывание резьбы роликами с радиальным продольным и тангенциальным движениями подачи. Наибольшее распространение получил способ накатывания резьбы двумя роликами. Более производительным является накатывание с тангенциальным движением подачи. Станки, работающие такими способами, называют **двух- и трехциклическими**.

Наибольшей производительности достигают применением многоциклических резьбокатных автоматов.

Накатывание резьбы в отверстиях осуществляют бесстружечными метчиками, роликами и накатными головками. При накатывании внутренней резьбы в глубоких отверстиях применяют схему с осевым движением подачи ролика.

Накатыванием можно получить резьбы диаметром 0,3... 150 мм на деталях из сталей твердостью НВ 120...340, а также из цветных металлов и сплавов.

Рассмотрим основные операции механической обработки для изготовления вала с типовыми конструктивными элементами и требованиями к ним:

005 Заготовительная.

Для заготовок из проката: рубка прутка на прессе или обрезка прутка на фрезерно-отрезном или другом станке. Для заготовок, получаемых методом пластического деформирования – штамповать или ковать заготовку.

010 Правильная (применяется для проката).

Правка заготовки на прессе. В массовом производстве может производиться до отрезки заготовки. В этом случае правится весь пруток на правильно-калибровочном станке.

015 Термическая.

Улучшение, нормализация.

020 Подготовка технологических баз.

Обработка торцов и сверление центровых отверстий. В зависимости от типа производства операцию производят:

- в единичном производстве подрезку торцов и центрование на универсальных токарных станках последовательно за два установка;

- в серийном производстве подрезку торцов выполняют отдельно от центрования на продольно-фрезерных или горизонтально-фрезерных станках, а центрование – на одностороннем или двустороннем центровальном станке. Могут применяться фрезерно-центровальные полуавтоматы последовательного действия с установкой заготовки по наружному диаметру в призмь и базированием в осевом направлении по упору;

- в массовом производстве применяют фрезерно-центровальные станки барабанного типа, которые одновременно фрезеруют и центруют две заготовки без съема их со станка. Форму и размеры центровых отверстий назначают в соответствии с их технологическими функциями по ГОСТ 14034-74.

Для нежестких валов (отношение длины к диаметру более 12) обработка шеек под люнеты.

025 Токарная (черновая).

Выполняется за два установка на одной операции или каждый установка выносится как отдельная операция. Производится точение наружных поверхностей (с припуском под чистовое точение и шлифование) и канавок. Это обеспечивает получение точности IT12, шероховатости Ra=6,3. В зависимости от типа производства операцию выполняют:

- в единичном производстве на токарно-винторезных станках;
- в мелкосерийном – на универсальных токарных станках с гидросуппортами и станках с ЧПУ;
- в серийном – на копировальных токарных станках, горизонтальных многорезцовых, вертикальных одношпиндельных полуавтоматах и станках с ЧПУ;
- в крупносерийном и массовом – на многошпиндельных многорезцовых полуавтоматах; мелкие валы могут обрабатываться на токарных автоматах.

030 Токарная (чистовая).

Аналогичная приведенной выше. Производится чистовое точение шеек (с припуском под шлифование). Обеспечивается точность IT11...10, шероховатость Ra=3,2.

035 Фрезерная.

Фрезерование шпоночных канавок, шлицев, зубьев, всевозможных лысок.

Шпоночные пазы в зависимости от конструкции обрабатываются либо дисковой фрезой (если паз сквозной) на горизонтально-фрезерных станках, либо пальцевой фрезой (если паз глухой) на вертикально-фрезерных станках. В серийном и массовом производствах для получения глухих шпоночных пазов применяют шпоночно-фрезерные полуавтоматы, работающие «маятниковым» методом.

Шлицевые поверхности на валах чаще всего получают методом обкатывания червячной фрезой на шлицефрезерных или зубофрезерных станках. При диаметре шейки вала более 80 мм шлицы фрезеруют за два рабочих хода.

040 Сверлильная.

Сверление всевозможных отверстий.

045 Резьбонарезная.

На закаливаемых шейках резьбу изготавливают до термообработки. Если вал не подвергается закалке, то резьбу нарезают после окончательного шлифования шеек (для предохранения резьбы от повреждений). Мелкие резьбы у термообрабатываемых валов получают сразу на резьбо-шлифовальных станках. **Внутренние резьбы** нарезают машинными метчиками на сверлильных, револьверных и резьбонарезных станках в зависимости от типа производств.

Наружные резьбы нарезают:

- в единичном и мелкосерийном производствах на токарно-винторезных станках плашками, резьбовыми резцами или гребенками;
- в мелкосерийном и серийном производствах резьбы не выше 7-й степени точности нарезают плашками, а резьбы 6-й степени точности – резьбонарезными головками на револьверных и болторезных станках;
- в крупносерийном и массовом производствах – гребенчатой фрезой на резьбофрезерных станках или накатыванием.

50 Термическая.

Закалка объемная или местная согласно чертежу детали.

055 Исправление центров (центрошлифовальная).

Перед шлифованием шеек вала центровые отверстия, которые являются технологической базой, подвергают исправлению путем шлифования конусным кругом на центрошлифовальном станке за два установка/

060 Шлифовальная.

Шейки вала шлифуют на круглошлифовальных или бесцентрошлифовальных станках.

Шлицы шлифуются в зависимости от центрирования:

- по наружной поверхности – наружное шлифование на круглошлифовальных станках и шлифование боковых поверхностей на шлицешлифовальном полуавтомате одновременно двумя кругами и делением;
- по поверхности внутреннего диаметра – шлифование боковых поверхностей шлицев и шлифование внутренних поверхностей по диаметру, либо профильным кругом одновременно, либо в две операции.

065 Моечная.

Промывка деталей на моечной машине.

070 Контрольная.

075 Нанесение антикоррозионного покрытия.

Раздел 2. Технология изготовления втулок и фланцев

Тема 2.1. Основные характеристики втулок и фланцев (лекция – дискуссия 1 час)

К деталям класса втулок относятся втулки, гильзы, стаканы, вкладыши, т. е. детали, образованные наружными и внутренними поверхностями вращения, имеющие общую прямолинейную ось.

Некоторые основные виды подшипниковых втулок, представленные на рис., служат как опоры вращающихся валов. Наиболее часто применяют втулки с $L/D > 2$.

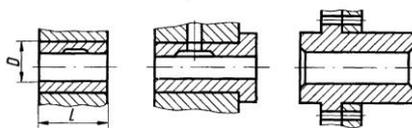


Рис. Виды подшипниковых втулок

Технологические задачи.

Отличительной технологической задачей является обеспечение concentричности наружных поверхностей с отверстием и перпендикулярности торцов к оси отверстия.

Точность размеров. Диаметры наружных поверхностей выполняют по h6, h7; отверстия по H7, реже по H8, для ответственных сопряжений по H6.

Точность формы. В большинстве случаев особые требования к точности формы поверхностей не предъявляются, т. е. погрешность формы не должна превышать определенной части поля допуска на размер.

Точность взаимного расположения:

- concentричность наружных поверхностей относительно внутренних поверхностей 0,015...0,075 мм;
- разностенность не более 0,03...0,05 мм;

- перпендикулярность торцовых поверхностей к оси отверстия 0,2 мм на радиусе 100 мм, при осевой нагрузке на торцы отклонения от перпендикулярности не должно превышать 0,02...0,03 мм.

Качество поверхностного слоя. Шероховатость внутренних и наружных поверхностей вращения соответствует $Ra=1,6...3,2$ мкм, торцов $Ra=1,6...6,3$ мкм, а при осевой нагрузке $Ra=1,6...3,2$ мкм. Для увеличения срока службы твердость исполнительных поверхностей втулок выполняется HRCэ 40...60.

Материалы и заготовки для втулок

В качестве материалов для втулок служат: сталь, латунь, бронза, серый и ковкий антифрикционный чугун, специальные сплавы, металлокерамика, пластмассы.

Заготовками для втулок с диаметром отверстия до 20 мм служат калиброванные или горячекатаные прутки, а также литые стержни. При диаметре отверстия больше 20 мм применяются цельнотянутые трубы или полые заготовки, отлитые в песчаные или металлические формы, используют также центробежное литье и литье под давлением.

Заготовкой может использоваться штамповка, полученная на горизонтально-ковочной машине.

Основные схемы базирования

Задача обеспечения concentричности наружных поверхностей относительно отверстия и перпендикулярности торцовых поверхностей к оси отверстия может быть решена обработкой:

- наружных поверхностей, отверстий и торцов за один установ;
- всех поверхностей за два установка или за две операции с базированием при окончательной обработке по наружной поверхности (обработка от вала);
- всех поверхностей за два установка или за две операции с базированием при окончательной обработке наружной поверхности по отверстию (обработка от отверстия).

При обработке за один установ рекомендуется следующий технологический маршрут обработки втулки:

- подрезка торца у прутка, подача прутка до упора, зацентровка торца под сверление, сверление отверстия и обтачивание наружной поверхности, растачивание или зенкерование отверстия и обтачивание наружной поверхности со снятием фасок на свободном торце, предварительное развертывание, окончательное развертывание, отрезка. Эта первая операция выполняется на токарно-револьверном станке, одношпиндельном или многошпиндельном токарном автомате;

- снятие фасок с противоположного торца втулки на вертикально-сверлильном или токарном станке;
- сверление смазочного отверстия;
- нарезание смазочных канавок на специальном станке.

При обработке втулки из трубы вместо сверления производят зенкерование или растачивание отверстия, далее технологический маршрут сохраняется.

При обработке втулки с базированием по внутренней поверхности рекомендуется следующий технологический маршрут обработки втулки:

- зенкерование отверстия втулки и снятие фаски в отверстии на вертикально-сверлильном станке (технологическая база – наружная поверхность);
- протягивание отверстия на горизонтально-протяжном станке со сферической самоустанавливающейся шайбой, которую применяют, потому что торец не обработан;
- предварительное обтачивание наружной поверхности (в зависимости от точности заготовки), подрезка торцов и снятие наружных (а часто и внутренних фасок на токарно-многолезцовом полуавтомате). Базирование осуществляется по внутренней поверхности на разжимную оправку;
- чистовое обтачивание наружной поверхности, чистовая подрезка торца.

При выборе метода базирования следует отдавать предпочтение базированию по отверстию, которое имеет ряд преимуществ:

- при обработке на жесткой или разжимной оправке погрешность установки отсутствует или значительно меньше, чем при обработке в патроне с креплением заготовки по наружной поверхности;
- более простое, точное и дешевое центрирующее устройство, чем патрон;
- при использовании оправки может быть достигнута высокая степень концентрации обработки.

Тема 2.2. Методы обработки внутренних цилиндрических поверхностей (лекция – дискуссия 2 часа)

Внутренние цилиндрические поверхности (отверстия) встречаются у большинства деталей классов 71...76 как тел вращения, так и не тел вращения.

Отверстия в заготовительных цехах получают достаточно просто, начиная с диаметра 25...40 мм.

Обработка отверстий в деталях различных типов производится путём сверления, зенкерования, фрезерования на станках с ЧПУ, растачивания резцами, развертывания, шлифования (внутреннего), протягивания, хонингования, раскатывания шариками и роликами, продавливания, притирки, полирования, суперфиниширования.

Обработка отверстий со снятием стружки производится лезвийным и абразивным инструментом.

Обработка отверстий лезвийным инструментом

К лезвийным инструментам относятся: сверла, зенкеры, развертки, расточные резцы и протяжки. Разновидности и характеристики этих инструментов приведены в справочнике. Обработку отверстий лезвийным инструментом производят на станках следующих групп: сверлильной (вертикально-сверлильные, радиально-сверлильные); расточной (горизонтально-расточные, горизонтальные и вертикальные отделочно-расточные координатно-расточные); протяжной группы (горизонтальные и вертикальные полуавтоматы), как обычного исполнения, так и с ЧПУ.

Кроме того, отверстия обрабатываются практически на всех станках, полуавтоматах и автоматах токарной группы.

Сверлением получают отверстия в сплошном материале. Для неглубоких отверстий используются стандартные сверла диаметром 0,30...80 мм.

Существуют два метода сверления:

- 1) вращается сверло (станки сверлильно-расточных групп);
- 2) вращается заготовка (станки токарной группы). Обработку отверстий диаметром до 25...40 мм осуществляют спиральными сверлами за один переход, при обработке отверстий больших диаметров (до 80 мм) – за два и более перехода сверлением и рассверливанием или другими методами. Для сверления отверстий диаметром свыше 80 мм применяют сверла или сверлильные головки специальных конструкций.

На многих корпусных деталях, фланцах, крышках и т.п. имеется много небольших отверстий (для крепежных болтов, шпилек и т. п.), точность и шероховатость которых определяется точностью, достигаемой сверлением. Такие отверстия обрабатывают на станках с применением кондукторов. При этом достигаемая точность диаметральных размеров – IT11...IT10.

При обработке глубоких отверстий ($L/D > 10$) трудно обеспечить направленность оси отверстия относительно ее внутренней цилиндрической поверхности. Чем больше длина отверстия, тем больше увод инструмента. **Для борьбы с уводом сверла или искривлением оси отверстия применяются следующие способы:**

- применение малых подач, тщательная заточка сверла;
- применение предварительного засверливания (зацентровки);
- сверление с направлением спирального сверла с помощью кондукторной втулки;
- сверление вращающейся заготовки при невращающемся или вращающемся сверле. Это самый радикальный способ устранения увода сверла, так как создаются условия для самоцентрирования сверла;
- сверление специальными сверлами при вращающейся или неподвижной заготовке.

К специальным сверлам относятся:

- полукруглые – разновидность ружейных сверл одностороннего резания, которые применяются для обработки заготовок из материалов, дающих хрупкую стружку (латунь, бронза, чугун);
- ружейные – одностороннего резания с внешним отводом СОЖ и внутренним отводом (эжекторные) с пластинами из твердого сплава (припаянными или неперетачиваемыми с механическим креплением), предназначенные для высокопроизводительного сверления;
- трепанирующие (кольцевые) сверла для сверления отверстий диаметром 80 мм и более, длиной до 50 мм; они вырезают в сплошном металле кольцевую поверхность, а остающуюся после такого сверления внутреннюю часть в форме цилиндра можно использовать как заготовку для изготовления других деталей.

Зенкерование отверстий – предварительная обработка литых, штампованных или просверленных отверстий под последующее: развертывание, растачивание или протягивание.

При обработке отверстий по 13...11-му качеству зенкерование может быть окончательной операцией. Зенкерованием обрабатывают цилиндрические углубления (под головки винтов, гнезд под клапаны и др.), торцовые и другие поверхности.

Режущим инструментом при зенкеровании является зенкер. Зенкеры изготавливают цельными с числом зубьев 3...8 и более, диаметром 3...40 мм; насадными диаметром 32... 100 мм и сборными регулируемые диаметром 40... 120 мм.

Зенкерование является производительным методом: повышает точность предварительно обработанных отверстий, частично исправляет искривление оси после сверления. Для повышения точности обработки используют приспособления с кондукторными втулками. Зенкерованием обрабатывают сквозные и глухие отверстия.

Зенкеры исправляют, но не устраняют полностью искривления оси отверстия. Припуски, снимаемые за один рабочий ход, могут достигать 6 мм на диаметр. Достижимая шероховатость $Ra = 12,5...6,3$ мкм.

Развёртывание отверстий – чистовая обработка отверстий с точностью до 7-го качества. Развертыванием обрабатывают отверстия тех же диаметров, что и при зенкеровании. Развертки рассчитаны на снятие малого припуска. Они отличаются от зенкеров большим числом (6... 14) зубьев. Для получения отверстий повышенной точности, а также при обработке отверстий с продольными пазами применяют винтовые развертки. Развертыванием достигается высокая точность диаметральных размеров и формы, а также малая шероховатость поверхности. Следует отметить, что обработанное отверстие получается несколько большего диаметра, чем диаметр самой развертки. Такая разбивка может составлять 0,005...0,08 мм.

Для уменьшения разбивки следует применять плавающие патроны (оправки), которые позволяют компенсировать отклонение от соосности шпинделя с предварительно обработанным отверстием и биение развертки. Хорошие результаты достигаются также при применении плавающих пластин вместо зубьев развертки и разверток с кольцевой заточкой. Припуски под развертывание зависят от обрабатываемого материала и диаметра отверстия, их рекомендуется выбирать равными 0,2...0,5 мм. Развертками с кольцевой заточкой (отсутствует заборный конус) можно снимать припуски до 1 мм, что позволяет использовать их после сверления отверстий.

Припуски под черновое развёртывание составляют до 1 мм на диаметр. Под чистовое развёртывание припуски колеблются в пределах 0,02...0,03 мм.

Для получения отверстий 7 качества применяют двукратное развёртывание; IT6 – трехкратное, под окончательное развёртывание припуск оставляют 0,05 мм и менее.

При обработке отверстий развёртыванием можно получить 5 качество если: лезвия развертки доведены; развёртывание осуществляется вручную; применяется СОЖ (керосин для чугуна; машинное масло с керосином – для стали). Шероховатость достижима у чугуна $Ra = 1,6...0,8$ мкм. При развёртывании разверткой с доведёнными лезвиями возможно достичь $Ra = 0,8...0,4$ мкм (при неоднократном развёртывании деталей из твёрдого чугуна с керосином).

Для разверток из твёрдых сплавов рекомендуются следующие режимы:

- для чугуна - $V = 7...20$ м/мин; $S = 2...7$ мм/об; $t = 0,15$ мм в качестве СОЖ – керосин, достигаемая точность размеров IT6; шероховатость $Ra = 1,6$ мкм.
- для стали - $V = 4...10$ м/мин; $S = 2...4$ мм/об; $t \leq 0,1...0,15$ мм в качестве СОЖ – керосин, достигаемая точность размеров IT6; шероховатость $Ra = 1,6$ мкм.

Конструктивная особенность разверток такова, что они в процессе работы испытывают большие радиальные нагрузки. Вследствие этого развертки не обеспечивают точности направления оси отверстия, а стремятся сами установиться по отверстию. Поэтому развертки жёстко не крепятся, так как самоустанавливаются по уже имеющемуся отверстию.

Ось отверстия (прямолинейность, положение) достигается при работе однолезвийным инструментом (резцом), то есть на стадии черновой или получистовой обработки, а точность диаметра и шероховатость на окончательных операциях многолезвийным инструментом.

Для достижения требуемого качества детали необходимо перед развёртыванием обеспечить точность направления оси отверстия. Это обеспечивается резцом или другими инструментами с принудительным центрированием.

Развертки обычно не применяют для развёртывания больших по диаметру, коротких, глухих и прерывистых отверстий.

В настоящее время имеется целый ряд приемов и методов, повышающих производительность труда при обработке отверстий:

- применение комбинированных режущих инструментов;
- применение быстросменных патронов;
- применение специальных приспособлений (кондукторов) и многошпиндельных сверлильных головок на сверлильных, расточных и агрегатных станках.

При обработке конических отверстий рекомендуются следующие инструменты и переходы:

- сверло 1;
- зенкер 2;
- черновая развертка 3;
- чистовая развертка 4.

Фаски в отверстиях обрабатываются зенковками. Цилиндрические углубления и торцевые поверхности под головки болтов и гаек выполняются на сверлильных станках цековками в виде насадных головок с четырьмя зубьями или в виде специальных пластин с направляющей цапфой, служащей для получения соосности с обработанными отверстиями.

Растачивание основных отверстий (определяющих конструкцию детали) производится на: горизонтально – расточных, координатно – расточных, радиально – сверлильных, карусельных и агрегатных станках, многоцелевых обрабатывающих центрах, а также в некоторых случаях и на токарных станках.

Существуют два основных способа растачивания: растачивание, при котором вращается заготовка (на станках токарной группы), и растачивание, при котором вращается инструмент (на станках расточной группы).

При этом следует учитывать некоторые закономерности расточки отверстий:

- при вращающейся детали значительно проще обеспечить прямолинейность оси и точность её положения, труднее получить правильность формы;
- при вращающемся инструменте труднее получить ось, но легче достигается правильность формы;
- овальность шеек шпинделя при работе на станках, где вращается деталь, целиком передаётся отверстию; при работе же на станках с вращающейся расточной скалкой овальность шпинделя (или скалки) передаётся детали в меньшей степени;
- если вращается скалка, то овальность подшипников и макета скалки прямо сказывается на точности формы отверстия, а при вращающейся детали влияние овала подшипников меньше.

Это объяснимо, если учесть, что результирующее давление резания и веса детали прижимает при вращающейся детали различные точки шейки к одной точке шейки подшипника, а при вращающейся скалке – определенная точка шейки (противоположная направлению давления на резец) прижимается к различным точкам окружности подшипника.

Типичными для токарных станков операциями являются растачивание одиночного отверстия и растачивание соосных отверстий универсальным методом – резцом (резцами).

Типичными для расточных станков операциями являются растачивание одиночного отверстия, соосных отверстий и растачивание отверстий с параллельными осями.

Существуют 3 основных способа расточки отверстий на горизонтально-расточных станках:

- 1) растачивание консольными оправками;
- 2) растачивание борштангами с использованием опоры задней стойки;
- 3) растачивание в кондукторах при шарнирном соединении расточных оправок со шпинделем станка.

Подача в каждом из этих случаев может сообщаться шпинделю или столу.

При растачивании по первому варианту консольной оправкой, по сравнению с растачиванием борштангой облегчается установка инструмента, установка и выверка самой консольной оправки и измерение обработанной поверхности, что приводит к сокращению вспомогательного времени.

Растачивание консольными оправками производится при общем вылете инструмента равном $L = (5...6) d$.

Растачивание борштангами с использованием задней опоры стойки (вариант 2) применяется при изготовлении крупных тяжёлых деталей, имеющих отверстия в противоположных стенках или при обработке отверстий, имеющих длину, значительно превышающую их диаметр. В этом случае опора задней стойки и шпиндель должны быть соосны. Выверка производится в вертикальной и горизонтальной плоскостях при этом значительно возрастает вспомогательное время.

Растачивание борштангой с передним и задним направлением (вариант 3) производится с помощью кондукторного приспособления, обеспечивающее двойное направление инструмента и полностью определяющее относительное положение инструмента и заготовки. Инструмент или оправка в этом случае соединяются со станком шарнирно. При этом не требуется точного относительного положения шпинделя и направляющих элементов приспособления, что приводит к сокращению времени на настройку.

Приспособление упрощает выполнение операции, снижает требования к квалификации рабочих, повышает производительность труда, но требует значительных затрат. Геометрические погрешности станков в этом случае не оказывают влияния на точность обработки. При этом достигается высокая жёсткость системы.

Инструментами для обработки на расточных станках служат резцы, закрепленные в державках (борштангах); расточные пластины; блоки; расточные головки.

Расточная пластина является мерным инструментом и основным при растачивании отверстий диаметром свыше 40 мм.

Расточной блок представляет собой корпус со вставными резцами, положение которых можно регулировать. Для чистового растачивания применяются плавающие державки. Расточные головки обладают наибольшей производительностью.

Тонкое (алмазное) растачивание является отделочной операцией. Этот метод аналогичен тонкому точению наружных поверхностей тел вращения. Обработка ведется на горизонтально – и вертикально-отделочно-расточных станках и полуавтоматах с высокой жёсткостью, точностью и виброустойчивостью. Применяется для получения высокой точности размеров, формы, положения и прямолинейности оси.

Для тонкого растачивания рекомендуются следующие режимы:

- для чугуна - $V = 100..200$ м/мин; $S = 0,02..0,1$ мм/об; $t = 0,1..0,35$ мм;
- для стали - $V = 125..250$ м/мин; $S = 0,02..0,1$ мм/об; $t = 0,1..0,3$ мм;
- для цветных металлов - V до 800 м/мин; $S = 0,02..0,1$ мм/об; $t = 0,05..0,4$ мм;

Достижимая точность размеров IT5...IT6; шероховатость $Ra=0,4..0,2$ мкм.

Применяется для обработки точных, гладких отверстий диаметром до 200 мм в деталях средних и небольших размеров.

Протягивание отверстий широко применяют в массовом, крупносерийном и серийном производствах. Протягивание является одним из прогрессивных способов обработки металлов резанием, как в отношении производительности, так и в отношении достигаемых точности и шероховатости. По сравнению с развертыванием, например, протягивание производительнее в 8...9 раз и выше.

Протягивание осуществляется многолезвийным инструментом протяжкой, которая протягивается через обрабатываемое отверстие.

Внутренним протягиванием обрабатывают различные отверстия: круглые (цилиндрические), шлицевые, многогранные и др.

Для протягивания применяют горизонтальные и вертикальные протяжные станки-полуавтоматы.

Горизонтальные протяжные полуавтоматы применяются для внутреннего протягивания. Вертикальные полуавтоматы используют как для внутреннего, так и наружного протягивания; они занимают в 2...3 раза меньшие площади, чем горизонтальные. На этих полуавтоматах более удобно устанавливать заготовку. Производительность, точность и экономичность протягивания отверстий зависят от применяемой схемы резания.

В настоящее время применяют три схемы резания как для внутренних, так и наружных поверхностей: профильную, генераторную и прогрессивную. Для протягивания внутренних цилиндрических поверхностей применяют профильную и прогрессивную схемы резания.

Припуск под протягивание при обработке цилиндрических отверстий составляет 0,5... 1,5 мм на диаметр отверстий.

Прошиванием называют аналогичную протягиванию обработку более коротким инструментом – прошивкой. При прошивании инструмент испытывает напряжения сжатия, а при протягивании – растяжения, поэтому прошивку выполняют относительно небольшой длины (250...400 мм).

Обработка отверстий абразивным инструментом – для обработки отверстий применяют внутреннее шлифование, хонингование, притирку.

Тема 2.3. Типовой маршрут изготовления втулок и фланцев (лекция – дискуссия 2 часа)

Типовые маршруты изготовления втулок

Рассмотрим основные операции механической обработки для изготовления втулки с типовыми конструктивными элементами и требованиями к ним.

Обработка за один установ.

005 Токарная.

Подрезка торца у прутка, подача прутка до упора, зацентровка торца под сверление, сверление отверстия, точение черновое наружной поверхности со снятием фасок на свободном торце, точение канавок, предварительное развертывание, окончательное развертывание, отрезка. При обработке втулки из трубы вместо сверления производят зенкерование или растачивание отверстия. Выполняется на токарно-револьверном, одношпин-деольном или многошпиндельном токарном автомате.

010 Сверлильная.

Снятие фасок с противоположного торца втулки на вертикально-сверлильном или токарном станке.

015 Сверлильная.

Сверление отверстий, нарезка резьбы на вертикально или радиально-сверлильном станке.

020 Моечная.

025 Контрольная.

030 Нанесение покрытия.

Обработка от центра к периферии.

005 Заготовительная.

Резка заготовки из проката или трубы, или штамповка.

010 Токарная.

В зависимости от типа производства выполняется за одну операцию и два установка (единичное) или за две операции (серийное и массовое).

Первый установ (базирование по наружной поверхности к торцу в патроне) – подрезка свободного торца, сверление и зенкерование или растачивание отверстия (с припуском под шлифование), растачивание канавок и фасок.

Второй установ (базирование по отверстию и торцу на оправке) подрезка второго торца, точение наружных поверхностей (с припуском под шлифование), точение канавок и фасок. В зависимости от типа производства операция выполняется:

- в единичном – на токарно-винторезных станках;
- в серийном – на токарно-револьверных станках и станках с ЧПУ;
- в массовом – на токарно-револьверных, одношпиндельных или многошпиндельных токарных полуавтоматах.

015 Сверлильная.

Сверление, зенкерование отверстий, нарезка резьбы. Производится на вертикально-сверлильных станках, сверлильных станках с ЧПУ, агрегатных станках.

020 Термическая.

Закалка согласно чертежу.

025 Внутришлифовальная.

Шлифование отверстия на внутришлифовальном станке. Деталь базируется по наружному диаметру и торцу в патроне.

030 Круглошлифовальная.

Шлифование наружных поверхностей торца на круглошлифовальном или торцекруглошлифовальном станках.

035 Моечная.

040 Контрольная.

045 Нанесение покрытия.

При обработке тонкостенных втулок (толщина стенки менее 5 мм) возникает дополнительная задача закрепления заготовки на станке без ее деформаций.

В этом же разделе рассматриваем типовые технологии изготовления деталей класса диски, как деталей представляющих собой сочетание внутренних и наружных цилиндрических поверхностей, имеющих общую ось (аналогично деталям класса втулок).

К деталям класса «диски» относятся детали, образованные наружными и внутренними поверхностями вращения, имеющими одну общую прямолинейную ось при отношении длины цилиндрической части к наружному диаметру менее 0,5.

Например: шкивы, фланцы, крышки подшипников, кольца, поршни гидро- и пневмоприводов и т.п. **Технологические задачи** – аналогичные классу втулок: достижение концентричности внутренних и наружных цилиндрических поверхностей и перпендикулярность торцов к оси детали.

Основные схемы базирования:

Технологические базы – центральное отверстие и обработанный торец, причем короткое отверстие является двойной опорной базой, а торец – установочной.

Обработку шкивов средних размеров ($d = 200...400$ мм) производят на токарных, в крупносерийном производстве – на револьверных станках. Крупные шкивы и маховики – на токарных карусельных станках. При обработке на карусельных

станках установку на первой операции выполняют по ступице, в которой обрабатывается центральное отверстие и прилегающие к ней торцы. Обод обрабатывают при установке шкива на центрирующий палец по обработанному отверстию и торцу.

Типовой маршрут изготовления дисков

005 Заготовительная.

В большинстве случаев – лить заготовку, ковать или штамповать. Мелкие шкивы – из прутка.

010 Очистка и обрубка заготовки (для литья).

015 Малярная (для литья).

020 Токарная.

Растачивание отверстия с припуском под последующую обработку и подрезка торца. Технологическая база – чёрная поверхность обода или ступицы. Выполняется в зависимости от маршрутов и типа производства на токарном, револьверном или карусельном станке.

025 Токарная.

Подрезать второй торец. Технологическая база – обработанные отверстия и торец.

030 Протяжная.

Протянуть цилиндрическое отверстие. Технологическая база – отверстие и торец. Станок – вертикально-протяжной.

035 Протяжная или долбежная.

Протянуть или долбить шпоночный паз. Технологическая база – отверстие и торец. Станок – вертикально-протяжной или долбежный.

040 Токарная (черновая).

Точить наружный диаметр и торцы обода, точить клиновидные канавки. Технологическая база – отверстие. Станок – токарный или многолезцовый токарный.

045 Токарная (чистовая).

Точить наружный диаметр и канавки. При криволинейной образующей на токарно-копировальном станке или токарном станке по копиру.

050 Сверлильная.

Сверлить отверстия и нарезать резьбу (если требуется по чертежу). Технологическая база – торец. Станок – сверлильный.

055 Балансировочная.

Балансировка и высверливание отверстий для устранения дисбаланса. Технологическая база – отверстие. Станок – балансировочный.

060 Шлифовальная.

Шлифование ступиц (если требуется по чертежу). Технологическая база – отверстие. Станок – круглошлифовальный.

065 Моечная.

070 Контрольная.

075 Нанесение антикоррозионного покрытия.

Основным служебным назначением фланцев является ограничение осевого перемещения вала, установленного на подшипниках. Отсюда следует, что основными конструкторскими базами фланца будут поверхности центрирующего пояска по размеру отверстия в корпусе и торцы. Поскольку в качестве технологических баз при обработке заготовки целесообразно выбирать основные базы детали, то исходя из этого, следует, что на первых операциях обрабатывают основные базы.

В связи с этим на первой операции в качестве технологических баз используют наружную цилиндрическую поверхность и торец большого фланца, а на последующих – посадочную поверхность цилиндрического пояска и его торец. На этих же базах обрабатывают крепежные отверстия и лыски, если они заданы чертежом.

Типовой маршрут изготовления фланцев

005 Заготовительная.

В зависимости от типа производства и материала – лить, ковать, штамповать заготовку или отрезать из проката.

010 Обрубка и очистка (для отливок).

015 Малярная.

020 Токарная.

Подрезать торец большого фланца и торец центрирующего пояска, точить наружную цилиндрическую поверхность пояска с припуском под шлифование, точить канавку и фаски. Технологическая база – наружная поверхность и торец фланца. Станок токарный, многошпиндельный токарный полуавтомат, токарный с ЧПУ.

025 Токарная.

Подрезать второй торец большого фланца, точить его наружную поверхность и фаску. Технологическая база – поверхность центрирующего пояска и его торец.

030 Сверлильный.

Сверлить и зенковать отверстия. Технологическая база – та же. Станок вертикально-сверлильный, сверлильный с ЧПУ, агрегатно-сверлильный с многошпиндельной головкой;

035 Фрезерная.

Фрезеровать лыски. Технологическая база – та же плюс крепежное отверстие. Станок – вертикально-фрезерный.

040 Шлифовальная.

Шлифовать наружную поверхность центрирующего пояска и торец. Технологическая база – наружная поверхность большого фланца и торец. Станок – универсально-шлифовальный или торцевокруглошлифовальный.

045 Моечная.

050 Контрольная.

055 Нанесение антикоррозионного покрытия.

Раздел 3. Технология изготовления корпусных деталей

Тема 3.1. Основные характеристики корпусных деталей (лекция – дискуссия 2 час)

Характеристика корпусных деталей

К корпусам относят детали, содержащие систему отверстий и плоскостей, координированных друг относительно друга. К корпусам относят корпуса редукторов, коробок передач, насосов и т.д.

Корпусные детали служат для монтажа различных механизмов машин. Для них характерно наличие опорных достаточно протяженных и точных плоскостей, точных отверстий (основных), координированных между собой и относительно базовых поверхностей и второстепенных крепежных, смазочных и других отверстий.

По общности решения технологических задач корпусные детали делят на две основные группы:

а) призматические (коробчатого типа) с плоскими поверхностями больших размеров и основными отверстиями, оси которых расположены параллельно или под углом;

б) фланцевого типа с плоскостями, являющимися торцовыми поверхностями основных отверстий. **Призматические и фланцевые корпусные** детали могут быть разъемными и неразъемными. Разъемные корпуса имеют особенности при механической обработке.

Технологические задачи.

Точность размеров:

- точность диаметров основных отверстий под подшипник по 7-му квалитету с шероховатостью $Ra=1,6...0,4$ мкм, реже – по 6-му квалитету $Ra=0,4...0,1$ мкм;

- точность межосевых расстояний отверстий для цилиндрических зубчатых передач с межцентровыми расстояниями 50...800 мм от ± 25 до ± 280 мкм;

- точность расстояний от осей отверстий до установочных плоскостей колеблется в широких пределах от 6-го до 11-го квалитетов.

Точность формы:

- для отверстий, предназначенных для подшипников качения, допуск круглости и допуск профиля сечения не должны превышать (0,25...0,5) поля допуска на диаметр в зависимости от типа и точности подшипника;

- допуск прямолинейности поверхностей прилегания задается в пределах 0,05...0,20 мм на всей длине;

- допуск плоскостности поверхностей скольжения – 0,05 мм на длине 1 м.

Точность взаимного расположения поверхностей:

- допуск соосности отверстий под подшипники в пределах половины поля допуска на диаметр меньшего отверстия;

- допуск параллельности осей отверстий в пределах 0,02...0,05 мм на 100 мм длины;

- допуск перпендикулярности торцовых поверхностей к осям отверстий в пределах 0,01...0,1 мм на 100 мм радиуса;

- у разъемных корпусов несовпадение осей отверстий с плоскостью разъема в пределах 0,05...0,3 мм в зависимости от диаметра отверстий.

Качество поверхностного слоя.

Шероховатость поверхностей отверстий $Ra=1,6...0,4$ мкм (для 7-го квалитета); $Ra = 0,4...0,1$ мкм (для 6-го квалитета); поверхностей прилегания $Ra = 6,3...0,63$ мкм, поверхностей скольжения $Ra = 0,8...0,2$ мкм, торцовых поверхностей $Ra = 6,3...1,6$ мкм.

Твёрдость поверхностных слоев и требования к наличию в них заданного знака остаточных напряжений регламентируются достаточно редко и для особо ответственных корпусов.

Материал и заготовки для корпусных деталей

В машиностроении для получения заготовок широко используются серый чугун, модифицированный и ковкий чугуны, углеродистые стали; в турбостроении и атомной технике – нержавеющие и жаропрочные стали и сплавы; в авиастроении – титановые и магниевые сплавы; в приборостроении – пластмассы.

Чугунные и стальные заготовки отливают в земляные и стержневые формы. Для сложных корпусов с высокими требованиями по точности и шероховатости (корпуса центробежных насосов) рекомендуется литьё в оболочковые формы и по выплавляемым моделям.

Заготовки из алюминиевых сплавов получают отливкой в кокиль и под давлением. Замена литых заготовок сварными производится для снижения веса и экономии материала, при этом толщина стенок корпуса может быть уменьшена на 30...40 % по сравнению с литыми корпусами.

Основные схемы базирования

При обработке корпусных деталей используются следующие методы базирования:

- **обработка от плоскости**, т.е. вначале окончательно обрабатывают установочную плоскость, затем принимают её за установочную базу и относительно неё обрабатывают точные отверстия;

- **обработка от отверстия**, т.е. вначале окончательно обрабатывают отверстие и затем от него обрабатывают плоскость.

Чаще применяется обработка от плоскости (базирование более простое и удобное), однако более точным является обработка от отверстия, особенно при наличии в корпусах точных отверстий больших размеров и при высокой точности расстояния от плоскости до основного отверстия (например, корпуса задних бабкок токарных и шлифовальных станков).

При работе первым методом труднее выдерживать два точных размера – диаметр отверстия и расстояние до плоскости.

При базировании корпусных деталей стараются выдерживать принципы совмещения и постоянства базы.

Ниже приведены наиболее часто используемые схемы базирования.

При изготовлении корпусных деталей призматического типа широко используется базирование по плоской поверхности 1 и двум отверстиям 2, чаще всего обработанным по 7 квалитету/

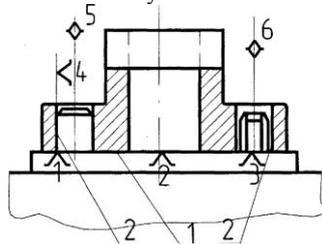


Рис. Базирование корпусной заготовки на плоскость и два отверстия

Детали фланцевого типа базируются на торец фланца 1, отверстие 2 большего диаметра и отверстие 3 малого диаметра во фланце. Распределение опорных точек зависит от соотношения длины базирующей части отверстия к его диаметру.

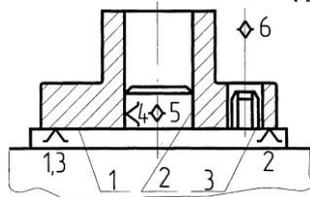


Рис. Базирование корпусной заготовки на плоскость, короткую выточку и отверстие

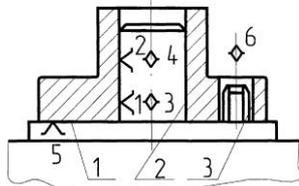


Рис. Базирование корпусной заготовки на плоскость, длинное отверстие и отверстие малого диаметра во фланце

В станкостроении корпусные детали часто базируются по направляющим поверхностям 1,2.

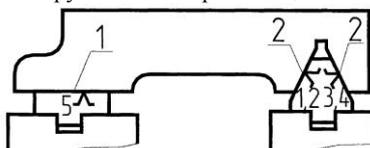


Рис. Базирование станины по направляющим

Заготовки корпусных деталей с одним основным отверстием часто устанавливают на самоцентрирующихся оправках, вводимых в это отверстие, оправка концами упирается на призмы, Поворот заготовки предупреждают прижатие её к упору. Эта схема обеспечивает точное положение оси симметрии заготовки в приспособлении.

В мелкосерийном и единичном производствах обработку заготовок корпусных деталей выполняют на универсальных станках без приспособлений. Разметкой определяют положение осей основных отверстий, плоских и других поверхностей.

Тема 3.2. Типовой маршрут изготовления корпусных деталей (лекция – дискуссия 3 часа)

Методы обработки плоских поверхностей

Обработку плоских поверхностей можно производить различными методами на различных станках – строгальных, долбежных, фрезерных, протяжных, токарных, расточных, многоцелевых, шабровочных и др. (лезвийным инструментом); шлифовальных, полировальных, доводочных (абразивным инструментом).

Наиболее широкое применение находят строгание, фрезерование, протягивание и шлифование.

Обработка плоских поверхностей лезвийным инструментом

Строгание находит большое применение в мелкосерийном и единичном производстве благодаря тому, что для работы на строгальных станках не требуется сложных приспособлений и инструментов, как для работы на фрезерных, протяжных и других станках.

Этот метод обработки является весьма гибким при переходе на другие условия работы. Однако он малопроизводителен: обработка выполняется однолезвийным инструментом (строгальными резцами) на умеренных режимах резания, а наличие вспомогательных ходов увеличивает время обработки. Кроме того, для работы на этих станках требуются рабочие высокой квалификации.

Строгание и долбление применяют в единичном и мелкосерийном производствах.

При строгании применяют: поперечно-строгальные, а также одно и двухстоечные продольно-строгальные станки. Строгание на продольно-строгальных станках применяют в серийном производстве и при обработке крупных и тяжёлых деталей практически во всех случаях. Объясняется это простотой и дешёвой инструмента и наладки; возможностью обрабатывать поверхности сложного профиля простым универсальным инструментом, малой его чувствительностью к литейным порокам, возможностью снимать за один рабочий ход большие припуски до 20 мм и сравнительно высокую точность.

При тонком строгании может быть достигнута шероховатость $Ra = (1.6...0.8)$ мкм и неплоскостность 0.01 мм для поверхности 300x300 мм..

Для увеличения производительности процесса строгания заготовки устанавливают в один или несколько рядов; обрабатывают одновременно заготовки деталей различных наименований.

Наиболее рационально применять строгание длинных и узких поверхностей. При обычной форме резца строгание производится с глубиной резания от 3 до 10 мм и подачей 0,8..0,2 мм на один двойной ход стола, обеспечивая IT13...11; $Ra = 3.2...12.5$.

Фрезерование в настоящее время является наиболее распространённым методом обработки плоских поверхностей. В массовом производстве фрезерование вытеснило применявшееся ранее строгание.

Фрезерование осуществляется на фрезерных станках. Фрезерные станки разделяются на горизонтально-фрезерные, вертикально-фрезерные, универсально-фрезерные, продольно-фрезерные, карусельно-фрезерные, барабанно-фрезерные и многоцелевые.

Существуют следующие виды фрезерования: цилиндрическое, торцовое, двустороннее, трехстороннее.

Широкое применение находит в настоящее время фрезерование торцовыми фрезами, а при достаточно больших диаметрах фрез (свыше 90 мм) – фрезерными головками (торцовыми фрезами со вставными ножами). Это объясняется следующими преимуществами фрезерования этими фрезами перед фрезерованием цилиндрическими фрезами:

- применением фрез больших диаметров, что повышает производительность обработки;

- одновременным участием в обработке большого числа зубьев, что обеспечивает более производительную и плавную работу;

- отсутствием длинных оправок, что дает большую жесткость крепления инструмента и, следовательно, возможность работать с большими подачами (глубинами резания);

- одновременной обработкой заготовок с разных сторон (например, при использовании барабанно-фрезерных станков).

Фрезерование характеризуется высокой производительностью и сравнительно высокой точностью. **Фрезерование в два перехода** (черновой и чистовой) позволяет достичь: по точности размеров – IT9; по шероховатости – $Ra = 6,3 \dots 0,8$ мкм; отклонение от плоскостности 40...60 мкм.

Одним из наиболее производительных способов фрезерования является обработка плоскостей на карусельно-фрезерных, барабанно-фрезерных станках, что возможно по непрерывному циклу. Одним из способов сокращения основного времени является внедрение скоростного и силового фрезерования. **Скоростное фрезерование** характеризуется повышением скоростей резания, при обработке стали до 350 м/мин, чугуна – до 450 м/мин, цветных металлов – до 2000 м/мин при небольших подачах на зуб фрезы $S_z = 0,05 \dots 0,12$ мм/зуб – при обработке сталей, $0,3 \dots 0,8$ мм/зуб – при обработке чугуна и цветных сплавов. **Силовое фрезерование** характеризуется большими подачами на зуб фрезы ($S_z \geq 1$ мм).

Как скоростное, так и силовое фрезерование выполняется фрезами, оснащенными твердосплавными и керамическими пластинами.

Тонкое фрезерование характеризуется малыми глубинами резания ($t < 0,1$ мм), малыми подачами ($S_z = 0,05 \dots 0,10$ мм) и большими скоростями резания.

Протягивание плоскостей реализуют на вертикально и горизонтально-протяжных станках. Протягивание наружных плоских поверхностей благодаря высокой производительности и низкой себестоимости находит все большее применение в крупносерийном и массовом производстве.

Для этих типов производств протягивание экономически выгодно, несмотря на высокую стоимость оборудования и инструмента.

В настоящее время фрезерование часто заменяют наружным протягиванием (плоскости, пазы, канавки и т. п.).

В массовом производстве для наружного протягивания применяют высокопроизводительные многопозиционные протяжные станки, а также станки непрерывного действия.

Протягивание является самым высокопроизводительным методом обработки плоскостей, обеспечивающим точность размеров IT7...IT9, шероховатость $Ra = (3,2 \dots 0,8)$ мкм.

Основными преимуществами протягивания по сравнению с фрезерованием являются: высокая производительность; высокая точность; высокая стойкость инструмента.

Ограничениями широкого применения протягивания являются его высокая стоимость и сложность инструмента.

Обычно при протягивании используются следующие режимы: подача на зуб $S_z = 0,1 \dots 0,4$ мм/зуб; скорость резания $V = 6 \dots 12$ м/мин с максимальными припусками до 4 мм с шириной протягивания до 350 мм.

Шабрение выполняют с помощью режущего инструмента – шабера – вручную или механическим способом.

Шабрение вручную – малопроизводительный процесс, требует большой затраты времени и высокой квалификации рабочего, но обеспечивает высокую точность. Механический способ выполняют на специальных станках, на которых шабер совершает возвратно-поступательное движение.

Точность шабрения определяют по числу пятен на площади 25x25 мм (при проверке контрольной плитой). Чем больше пятен, тем точнее обработка.

Сущность шабрения состоит в соскабливании шаберами слоев металла (толщиной около 0,005 мм) для получения ровной поверхности после ее чистовой предварительной обработки.

Шабрение называют тонким, если число пятен более 22 и $Ra < 0,08$ мкм, и чистовым, если число пятен 6...10, а $R < 1,6$ мкм.

Обработка плоских поверхностей абразивным инструментом.

Как и наружные цилиндрические поверхности деталей типа тел вращения, плоские поверхности обрабатывают шлифованием, полированием и доводкой.

Шлифование плоских поверхностей осуществляют на плоскошлифовальных станках с крестовым или круглым столом, как обычного исполнения, так и с ЧПУ.

Плоское шлифование является одним из основных методов обработки плоскостей деталей машин (особенно закаленных) для достижения требуемого качества. В ряде случаев плоское шлифование может с успехом заменить фрезерование. Шлифование плоских поверхностей может быть осуществлено двумя способами: периферией круга и торцом круга.

Шлифование периферией круга может осуществляться тремя способами:

1) многократными рабочими ходами; 2) установленным на размер кругом; 3) ступенчатым кругом.

При первом способе поперечное движение подачи круга производится после каждого продольного хода стола, а вертикальное – после рабочего хода по всей поверхности длины деталей.

При втором способе шлифующий круг устанавливается на глубину, равную припуску, и при малой скорости перемещения стола обрабатывают заготовку по всей длине. После каждого рабочего хода шлифовальный круг перемещается в поперечном направлении от 0,7...0,8 высоты круга. Для чистового рабочего хода оставляют припуск 0,01...0,02 мм и снимают его первым способом. Этот способ применяют при обработке на мощных шлифовальных станках.

При шлифовании третьим способом круг профилируют ступеньками. Припуск, распределенный между отдельными ступеньками, снимается за один рабочий ход.

Плоским шлифованием обеспечиваются следующие точность размеров и шероховатость поверхности:

- IT8...IT9, $Ra = 1,6$ мкм – черновое (предварительное) шлифование;

- IT7...IT8, $Ra = (0,4 \dots 1,6)$ мкм – чистовое шлифование;

- IT6...IT7, $Ra = (0,1 \dots 0,4)$ мкм – тонкое шлифование.

Шлифование обычно производится с применением СОЖ.

Полирование поверхностей является методом отделочной обработки. В качестве абразивных инструментов применяют эластичные шлифовальные круги, шлифовальные шкурки.

Доводка плоскостей осуществляется на плоскодоводочных станках. Тонкую доводку плоских поверхностей осуществляют притирами. Осуществляют доводку при давлении 20... 150 кПа, причем, чем меньше давление, тем выше качество обработанной поверхности. Скорости при тонкой доводке небольшие (2...10 м/мин). С повышением давления и скорости производительность повышается.

Типовые маршруты изготовления корпусных деталей

Последовательность механической обработки корпуса призматического типа с плоским основанием и основным отверстием с осью, параллельной основанию.

005 Заготовительная.

Заготовки корпусов из серого чугуна отливают в земляные, металлические (кокиль) или оболочковые формы, из стали – в земляные формы, кокиль или по выплавляемым моделям. Заготовки из алюминиевых сплавов отливают в кокиль или литьем под давлением. В единичном и мелкосерийном производствах применяют сварные корпуса из стали. Заготовки корпусных деталей перед механической обработкой проходят ряд подготовительных операций.

Подготовительные операции

010 Термическая. Отжиг (низкотемпературный) для уменьшения внутренних напряжений.

015 Обрубка и очистка заготовки.

У отливок удаляют литники и прибыли: на прессах, ножницах, ленточными пилами, газовой резкой и т.д. Очистка, отливок от остатков формовочных смесей и зачистка сварных швов у сварных заготовок производится дробеструйной или пескоструйной обработкой.

020 Малярная.

Грунтовка и окраска необрабатываемых поверхностей (для деталей, не подвергаемых в дальнейшем термообработке). Операция производится с целью предохранения попадания в работающий механизм корпуса чугунной пыли, обладающей свойством «вьедаваться» в неокрашенные поверхности при механической обработке.

030 Контрольная.

Проверка корпуса на герметичность. Применяется для корпусов, заполняемых при работе маслом. Проверка производится ультразвуковой или рентгеновской дефектоскопией. В единичном производстве или при отсутствии дефектоскопии может производиться при помощи керосина и мела.

035 Контрольная.

Проверка корпуса под давлением (только для деталей, работающих под давлением).

040 Разметочная.

Применяется в единичном и мелкосерийном производствах. В остальных типах производств может применяться для сложных и уникальных заготовок с целью проверки «выкраиваемости» детали.

Основные операции механической обработки.

050 Фрезерная (протяжная).

Фрезеровать, или протянуть плоскость основания начерно и начисто или с припуском под плоское шлифование (при необходимости). **Технологическая база** – необработанная плоскость, параллельная обрабатываемой поверхности. **Оборудование:**

- в единичном и мелкосерийном производствах – вертикально-фрезерный и строгальный станки;
- в серийном – продольно-фрезерный или продольно-строгальный станки;
- в крупносерийном и массовом – барабанно- и карусельно-фрезерные, плоскопротяжные, агрегатно-фрезерные станки.

055 Сверлильная.

Сверлить и зенковать (при необходимости) отверстия в плоскости основания. Развернуть два отверстия. **Технологическая база** – обработанная плоскость основания. **Оборудование** – радиально-сверлильный станок или сверлильный с ЧПУ, в массовом и крупносерийном производствах – многошпиндельный сверлильный станок или агрегатный станок.

060 Фрезерная.

Обработка плоскостей, параллельных базовой (при их наличии). **Технологическая база** – плоскость основания. **Оборудование** – см. операцию 050.

065 Фрезерная.

Обработка плоскостей, перпендикулярных базовой (торцы основных отверстий). **Технологическая база** – плоскость основания и два точных отверстия. **Оборудование** – горизонтально-фрезерный или горизонтально-расточной станок.

070 Расточная.

Растачивание основных отверстий (черновое и чистовое, или с припуском под точное растачивание). **Технологическая база** – та же (см. операцию 065). **Оборудование** – единичное производство – универсальный горизонтально-расточной станок:

- мелкосерийное и среднесерийное – станки с ЧПУ расточно-фрезерной группы и многооперационные станки;
- крупносерийное и массовое – агрегатные многошпиндельные станки.

Точность межосевых расстояний, а также точность положения отверстий достигается с помощью:

- разметки (от +0,1 мм до +0,5 мм);
- пробных расточек (до ±0,02 мм);
- координатное растачивание на горизонтально-расточных станках (до ±0,02 мм);
- обработка по кондукторам и шаблонам (до ±0,02 мм, +0,03 мм).

075 Сверлильная.

Сверлить (зенковать при необходимости), нарезать резьбу в крепежных отверстиях. **Технологическая база** – та же. **Оборудование** – радиально-сверлильный, сверлильный с ЧПУ, многооперационный, сверлильный многошпиндельный и агрегатный станки (в зависимости от типа производства).

080 Плоскошлифовальная.

Шлифовать (при необходимости) плоскость основания.

Технологическая база – поверхность, основного отверстия или обработанная плоскость, параллельная базовой (в зависимости от требуемой точности расстояния от базовой плоскости до оси основного отверстия).

Оборудование – плоскошлифовальный станок с прямоугольным или круглым столом.

085 Алмазно-расточная.

Тонкое растачивание основного отверстия.

Технологическая база – базовая плоскость и два отверстия.

Оборудование – алмазно-расточной станок.

С целью выдерживания принципа постоянства баз большинство операций обработки (060, 065, 070, 075) за исключением операций подготовки технологических баз (050, 055) и отделки основных поверхностей (080, 085) часто концентрируют в одну операцию, выполняемую на горизонтально-расточном (единичное производство), многооперационном (серийное) или агрегатном (массовое) станках.

Особенности обработки разъемных корпусов.

В маршрут обработки разъемных корпусов дополнительно к вышеприведенным операциям включают:

- обработку поверхности разъема у основания (фрезерная);
- обработку поверхности разъема у крышки (фрезерная);
- обработку крепежных отверстий на поверхности разъема основания (сверлильная);
- обработку крепежных отверстий на поверхности разъема крышки (сверлильная);
- сборку корпуса промежуточную (слесарно-сборочная операция);
- обработку двух точных отверстий (обычно сверлением и развертыванием) под цилиндрические или конические штифты в плоскости разъема собранного корпуса).

Тема 3.3. Характеристика зубчатых колес (лекция – дискуссия 2 часа)

Характеристика зубчатых колес

В современных машинах широко применяют зубчатые передачи. Различают силовые зубчатые передачи, предназначенные для передачи крутящего момента с изменением частоты вращения валов, и кинематические передачи, служащие для передачи вращательного движения между валами при относительно небольших крутящих моментах.

Зубчатые передачи, используемые в различных механизмах и машинах, делят на цилиндрические, конические, червячные, смешанные и гиперболоидные (винтовые и гипоидные).

Наибольшее распространение получили цилиндрические, конические и червячные передачи.

Далее рассмотрены способы формообразования зубьев цилиндрических зубчатых колес.

Цилиндрические зубчатые колеса изготавливают с прямыми и косыми зубьями, реже – с шевронными. Стандарт устанавливает 12 степеней точности цилиндрических зубчатых колес (в порядке убывания точности): 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12. Для 1, 2-й степеней допуски стандартом не предусматриваются. **Для каждой степени** точности предусматривают следующие нормы:

- кинематической точности колеса, определяющие полную погрешность угла поворота зубчатых колес за один оборот;
- плавности работы колес, определяющие составляющую полной погрешности угла поворота зубчатого колеса, многократно повторяющейся за оборот колеса;
- контакта зубьев, определяющие отклонение относительных размеров пятна контакта сопряженных зубьев в передаче.

Независимо от степени точности колес установлены нормы бокового зазора (виды сопряжения зубчатых колес).

Существуют шесть видов сопряжения зубчатых колес в передаче, которые в порядке убывания гарантированного бокового зазора обозначаются буквами А, В, С, D, Е, Н, и восемь видов допуска (T_{in}) на боковой зазор: x, y, z, a, b, c, d, h.

В соответствии со стандартом, точность зубчатых колес может быть определена как комплексными, так и дифференцированными показателями.

По технологическому признаку зубчатые колеса делятся на:

- цилиндрические и конические без ступицы и со ступицей, с гладким или шлицевым отверстием;
- многовенцовые блочные с гладким или шлицевым отверстием;
- цилиндрические, конические и червячные типа фланца;
- цилиндрические и конические с хвостовиком;
- валы-шестерни.

У цилиндрических колес зубья выполняют прямыми, спиральными или шевронными.

Обработка зубчатых колес разделяется на два этапа: обработку до нарезания зубьев и обработку зубчатого венца.

Задачи первого этапа соответствуют в основном аналогичным задачам, решаемым при обработке деталей классов: диски (зубчатое колесо плоское без ступицы), втулки (со ступицей) или валов (вал-шестерня).

Операции второго этапа обычно сочетают с отделочными операциями обработки корпуса колеса.

На построение технологического процесса обработки зубчатых колес влияют следующие факторы:

- форма зубчатого колеса;
- форма и расположение зубчатого венца и количество венцов;
- степень точности колеса;
- методы контроля зубчатых колес;
- материал колеса;
- наличие и вид термообработки;
- габаритные размеры;
- объем выпуска.

Наибольшее влияние на протяженность технологического маршрута оказывает степень точности колеса. При изготовлении высокоточных колес (6, 5 и выше степеней точности) механическая обработка должна чередоваться с операциями термической обработки для снятия внутренних напряжений, а количество отделочных операций технологических баз и зубчатого венца значительно возрастает.

Технологические задачи.

Точность размеров. Самым точным элементом зубчатого колеса является отверстие, которое выполняется обычно по 7-му качеству, если нет особых требований.

Точность формы. В большинстве случаев особых требований к точности формы поверхностей не предъявляется.

Точность взаимного расположения. Несоосность начальной окружности зубчатого колеса относительно посадочных поверхностей допускается не более 0,05...0,1 мм. Неперпендикулярность торцов к оси отверстия или вала (биение торцов) обычно принимается не более 0,01...0,015 мм на 100 мм диаметра. В зависимости от условий работы колеса эта величина может быть повышена или несколько уменьшена.

Твердость рабочих поверхностей. В результате термической обработки поверхностная твердость зубьев цементируемых зубчатых колес должна быть в пределах HRCэ 45...60 при глубине слоя цементации 1..2 мм. При цианировании твердость HRCэ 42...53, глубина слоя должна быть в пределах 0,5...0,8 мм.

Твердость незакаливаемых поверхностей обычно находится в пределах HB 180...270.

Материалы и заготовки зубчатых колес

В зависимости от служебного назначения зубчатые колеса изготавливают из углеродистых, легированных сталей, чугуна, пластических масс.

Легированные стали обеспечивают более глубокую прока-ливаемость и меньшую деформацию по сравнению с углеродистыми.

Материал зубчатых колес должен обладать однородной структурой, обеспечивающей стабильность размеров после термической обработки, особенно по размеру отверстий и шагу колес. Нестабильность возникает после цементации и закалки, когда в заготовке сохраняется остаточный аустенит, она может также возникнуть в результате наклепа и при механической обработке.

Установлено, что наибольшее коробление дает цементация и меньшее закалка, поэтому часто исправление коробления и повышение точности шевингованием производят не до цементации, а между цементацией и закалкой.

При изготовлении высокоточных колес рекомендуется чередовать механическую обработку с операциями термической стабилизации размеров для снятия внутренних напряжений.

Различают основные виды заготовок зубчатых колес при разных конструкциях и серийности выпуска: заготовка из проката; поковка, выполненная свободной ковкой на ковочном молоте; штампованная заготовка в подкладных штампах, выполненных на молотах или прессах; штампованная заготовка в закрепленных штампах, выполненных на молотах, прессах и горизонтально-ковочных машинах.

Заготовки, получаемые свободной ковкой на молотах, по конфигурации не соответствуют форме готовой детали, но структура металла благодаря ковке улучшается по сравнению с заготовкой, отрезанной пилой от прутка.

Штамповка заготовок в закрытых штампах имеет ряд преимуществ: снижается расход металла из-за отсутствия облоя, форма заготовки ближе к готовой детали, снижается себестоимость, экономия металла составляет от 10 до 30 %. Однако отмечается повышенный расход штампов.

Штамповка на прессах имеет большое преимущество перед штамповкой на молотах: получается точная штамповочная заготовка, припуски и напуски меньше на 30 %, по конфигурации заготовка ближе к готовой детали. На прессах можно штамповать с прошиванием отверстия.

Штамповкой на горизонтально-ковочных машинах изготавливают заготовки зубчатых колес с хвостовиком или с отверстием.

Тема 3.3. Типовой маршрут изготовления зубчатых колес (лекция – дискуссия 3 часа)

Основные схемы базирования

Выбор базовых поверхностей зависит от конструктивных форм зубчатых колес и технических требований. У колес со ступицей (одновенцовых и многовенцовых) с достаточной длиной центрального базового отверстия ($L/D > 1$) в качестве технологических баз используют: двойную направляющую поверхность отверстия и опорную базу в осевом направлении – поверхность торца.

У одновенцовых колес типа дисков ($L/D < 1$) длина поверхности отверстия недостаточна для образования двойной направляющей базы. Поэтому после обработки отверстия и торца установочной базой для последующих операций служит торец, а поверхность отверстия – двойной опорной базой.

У валов-шестерен в качестве технологических баз используют, как правило, поверхности центровых отверстий.

На первых операциях черновыми технологическими базами являются наружные необработанные «чёрные» поверхности. После обработки отверстия и торца их принимают в качестве технологической базы на большинстве операций.

Колеса с нарезанием зубьев после упрочняющей термообработки при шлифовании отверстия и торца (исправление технологических баз) базируют по эвольвентной боковой поверхности зубьев для обеспечения наибольшей соосности начальной окружности и посадочного отверстия.

Для обеспечения наилучшей concentricности поверхностей вращения колеса применяют следующие варианты базирования.

При обработке штампованных и литых заготовок на токарных станках за одну установку, заготовку крепят в кулачках патрона за черную поверхность ступицы или черную внутреннюю поверхность обода.

При обработке за две установки заготовку сначала крепят за черную поверхность обода и обрабатывают отверстие, а при второй установке заготовки по оправке обрабатывают поверхность обода и другие поверхности колеса.

Основные методы формообразования зубьев зубчатых колес

В зависимости от способа образования зубьев различают два метода зубонарезания: копирование и обкатку. Оба метода используют на различных зубообрабатывающих станках. Классификация основных методов формообразования зубчатых поверхностей и их возможности по обеспечению степеней точности и шероховатости рассмотрены в литературе.

Нарезание зубчатых колес методом копирования.

Распространенной разновидностью метода копирования является зубофрезерование. Зубофрезерование осуществляется на зубофрезерных вертикальных и горизонтальных станках-полуавтоматах. На зубофрезерных станках производят нарезание цилиндрических зубчатых колес по методу обкатки или копирования.

Нарезание зубьев по методу копирования осуществляют модульной дисковой или модульной концевой фрезой. Нарезание, по существу, представляет собой разновидность фасонного фрезерования. Режущие кромки зубьев дисковой или концевой фрезы изготавливают по форме впадины между зубьями колеса, и при фрезеровании они копируют форму впадины, создавая, таким образом, две половины профилей двух соседних зубьев. После нарезания одной впадины заготовка поворачивается на один зуб с помощью делительного механизма, и фреза снова проходит по новой впадине между зубьями, и т. д.

В массовом производстве применяют зубодолбежные режущие головки, работа которых основана на методе копирования. Производительность такого метода очень высока, точность зависит от точности режущей головки.

Другой разновидностью нарезания зубчатых колес методом копирования является протягивание как наружных, так и внутренних зубчатых поверхностей, характеризующееся высокой производительностью.

Нарезание зубчатых колес методом обкатки

При методе обкатки заготовка и инструмент воспроизводят движение пары сопряженных элементов зубчатой или червячной передачи. Для этого либо инструменту придается форма детали, которая могла бы работать в зацеплении с нарезаемым колесом (зубчатое колесо, зубчатая рейка, червяк), либо инструмент выполняют таким образом, чтобы его режущие кромки описывали в пространстве поверхность профиля зубьев некоторого зубчатого колеса или зубчатой рейки, которые называют соответственно производящим колесом или производящей рейкой. В процессе взаимного обкатывания заготовки и инструмента режущие кромки инструмента, постепенно удаляя материал из нарезаемой впадины заготовки, образуют на ней зубья.

Нарезание зубьев цилиндрических зубчатых колес методом обкатки производится с помощью следующих инструментов: червячных фрез (зубофрезерование); дисковых долбяков (зубо-долбление) и долбяков в виде гребенок-реек (зубострогание).

Зубонарезание червячными фрезами. Для нарезания зубьев этим методом требуются универсальные зубофрезерные станки и специальный режущий инструмент – червячные фрезы. Станки выпускают с вертикальной или горизонтальной осью вращения фрезы. Метод является высокопроизводительным.

Фрезу на станке устанавливают таким образом, чтобы ее ось была повернута под углом (3 подъема винтовой линии витков фрезы).

Червячная фреза, кроме вращения, совершает поступательное движение подачи вдоль образующей цилиндра нарезаемого колеса, в результате чего колесо обрабатывается по всей его ширине.

В зависимости от модуля устанавливают число рабочих ходов фрезы: для $m = 2 \dots 2,5$ мм – один рабочий ход, для m более $2 \dots 2,5$ мм – два рабочих хода и более.

Повышения производительности при зубофрезеровании достигают путем увеличения диаметра фрезы (повышается стойкость инструмента), жесткости ее установки, использования специальных инструментальных материалов, в том числе твердосплавных, композиционных, применения многозаходных червячных фрез и увеличения числа одновременно нарезаемых колес.

Зубодолбление. Режущим инструментом является долбяк, представляющий собой зубчатое колесо с эвольвентным профилем зубьев. В процессе нарезания долбяк и нарезаемое зубчатое колесо находятся в относительном движении зацепления (без зазора), т.е. их окружные скорости на начальных окружностях равны, а частота вращения и число зубьев связаны передаточным отношением $i = \frac{n_n}{n_z} = \frac{z_z}{z_n}$, где n_n и n_z – соответственно частота вращения инструмента и заготовки колеса; z_z и

z_n – соответственно число зубьев заготовки колеса и инструмента.

Нарезание зубьев долблением осуществляется на зубодолбежных станках.

Обработка за один рабочий ход применяется для зубчатых колес: $m = 1 \dots 2$ мм – за один рабочий ход; $2 < m < 4$ – за два рабочих хода; $m > 4$ мм – за три рабочих хода.

Кроме отмеченных обстоятельств, зубодолбление является единственным методом для нарезания колес с внутренним зацеплением (при средних и малых диаметрах), а также при обработке зубчатых венцов в блочных шестернях.

Зубострогание. Этот метод основан на зацеплении колеса и рейки, воспроизводимым инструментом – гребенкой. Обработка колес осуществляется на станках двух типов: с вертикальной и горизонтальной осью заготовки. Станки последнего типа применяют также для обработки колес с неразрывным шевронным зубом.

У зубострогания производительность меньше, чем у зубофрезерования червячной фрезой и зубодолблением.

Зуботочение. Метод основан на воспроизводящем зацеплении пары винтовых колес на скрещенных осях. В качестве многолезцового инструмента применяют цилиндрическое режущее колесо, по форме напоминающее долбяк.

Производительность зуботочения в 2...4 раза выше производительности зубофрезерования однозаходной фрезой.

Накатывание зубчатых колес

Накатывание зубчатых поверхностей имеет большие преимущества перед способами обработки резанием: повышает производительность в 5...30 раз; увеличивает износостойкость и прочность зубьев; значительно уменьшает отходы металла и др. Различают горячее и холодное накатывание. Горячее накатывание применяют для профилей с модулем больше 2 мм; холодное накатывание рекомендуется для мелко модульных колес с модулем до 1,5...2 мм.

Может применяться и комбинированное накатывание для средних и крупных модулей (основная пластическая деформация проводится в горячем состоянии, а окончательное профилирование – в холодном).

Горячее накатывание производится как с радиальной, так и с продольной подачей. Схема накатки с продольной подачей аналогична холодному накатыванию.

Перед накатыванием заготовку нагревают до 1000...1200 °С за 20...30 с до накатывания, затем устанавливают на оправку специального станка и производят накатывание вращающимися накатниками. Штучное время накатывания зубьев на заготовках зубчатых колес составляет 30 с...2 мин в зависимости от модуля (соответственно 2...5 мм).

Обработка торцовых поверхностей зубьев зубчатых колес.

Закругления торцов зубьев чаще всего выполняют у передвижных шестерен, так как это значительно облегчает их перемещение (например, шестерни коробок скоростей). Кроме того, у большинства зубчатых колес снимают фаски или притупляют кромки торцовых поверхностей. Закругление зубьев и снятие фасок на торцовых поверхностях зубьев производят конусной и дисковой фасонными фрезами; притупляют острые кромки и снимают заусенцы чаще всего вращающимися щетками или червячными фрезами с насечками, шлифовальными кругами; торцовые поверхности зубьев обрабатывают на универсально-фрезерных и специальных станках.

Методы отделочной обработки зубьев зубчатых колес.

Шевингование – чистовая обработка зубьев закаленных цилиндрических зубчатых колес (твердость обычно не более HRCэ 40), осуществляемая инструментом – шевером.

Шевер имеет форму зубчатого колеса или зубчатой рейки. На поверхности зубьев шевера имеются канавки от головки до ножки.

Шевингование зубчатых колес заключается в срезании весьма тонких волосовидных стружек толщиной 0,05...0,01 мм острыми кромками канавок шевера во время движения обкатки обрабатываемого колеса и инструмента и возникающего при этом относительного скольжения профилей зацепляющихся зубьев.

Обычно в процессе шевингования точность зубчатых колес повышается на одну степень, реже – на две.

Шевинговальные станки выпускают с горизонтальной или вертикальной осью (для обработки колес большого диаметра).

В настоящее время есть несколько методов шевингования: параллельное, диагональное, тангенциальное и врезное. Шевингуют зубчатые колеса, как наружного, так и внутреннего зацепления.

Шлифование зубьев зубчатых колес – наиболее надежный метод отделочной обработки, обеспечивающий высокую точность, как правило, закаленных зубчатых колес.

Шлифование зубьев производят на различных зубошлифовальных станках, как методом копирования, так и методом обкатки.

На станках, работающих по методу копирования, шлифуют зубчатые колеса профилированными кругами. Ось заготовки в этих станках расположена горизонтально. Они предназначены главным образом для шлифования прямозубых колес.

Метод обкатки осуществляется на зубошлифовальных станках, которые точны и универсальны в наладке, но производительность которых сравнительно невелика и зависит от принципа работы и типа применяемых шлифовальных кругов.

При шлифовании зубьев этим методом воспроизводится зубчатое зацепление пары рейка – зубчатое колесо. Инструментом является воображаемая рейка, боковые стороны зуба которой образованы шлифовальными тарельчатыми кругами. Шлифовальные круги получают вращательное движение, движение обкатки, заготовка выполняет возвратно-поступательное движение.

Движение обкатки складывается из двух движений: вращения заготовки вокруг своей оси и поступательного движения вдоль воображаемой рейки. В результате этих двух движений заготовка перекачивается без скольжения по воображаемой рейке.

На практике существуют и другие методы шлифования цилиндрических зубчатых колес: дисковым кругом; двумя дисковыми кругами; червячным кругом и др.

Наиболее производительными методами являются: шлифование двумя дисковыми кругами и особенно шлифование на станках червячными кругами, которые обеспечивают точность до 5-й степени и параметр шероховатости поверхности $Ra < 0,32$ мкм.

Применяют шлифование цилиндрических колес с внутренними прямыми и косыми зубьями также методами копирования и обкатки. Принципы работы станков для внутреннего шлифования аналогичны таковым для шлифования наружных зубьев.

Хонингование применяют для чистовой отделки зубьев, как правило, закаленных цилиндрических колес внешнего и внутреннего зацеплений. Процесс осуществляется на зубохонингово-вальных станках с помощью зубчатого абразивного инструмента – хона.

Зубчатые хоны представляют собой прямозубые или косозубые колеса, обычно состоящие из стальной ступицы и абразивного венца того же модуля, что и обрабатываемое колесо. Частота вращения хона $180...200 \text{ мин}^{-1}$, скорость подачи стола $180...210 \text{ мм/мин}$. Время хонингования зубчатого колеса $30...60 \text{ с}$.

Хонингование позволяет уменьшить параметры шероховатости и тем самым повысить долговечность зубчатой передачи.

К отделочным методам относятся также: обкатка зубьев и прикатка (зацепление с эталонным колесом); притирка (искусственное изнашивание рабочей поверхности зубьев притирами с применением абразивной пасты); приработка (притирание пары зубчатых колес без притира) и др.

Типовые маршруты изготовления зубчатых колес

Основные операции механической обработки зубчатого колеса со ступицей 7-й степени точности.

005 Заготовительная.

Для заготовок из проката – резка проката, для штампованных заготовок – штамповка.

Штампованные заготовки целесообразно выполнять с прошитыми отверстиями, если их диаметр более 30 мм и длина не более 3-х диаметров.

Заготовки из чугуна и цветных сплавов (иногда из сталей) получают литьем.

010 Термическая.

Нормализация, отпуск (для снятия внутренних напряжений).

015 Токарная.

Точить торец обода и торец ступицы с одной стороны начерно, точить наружную поверхность обода до кулачков патрона начерно, расточить начерно на проход отверстие (или сверлить и расточить при отсутствии отверстия в заготовке), точить наружную поверхность ступицы начерно, точить фаски.

Технологическая база – наружная поверхность обода и торец, противоположный ступице (закрепление в кулачках токарного патрона).

Оборудование:

- единичное производство – токарно-винторезный станок;
- мелко- и среднесерийное – токарно-револьверный, токарный с ЧПУ;
- крупносерийное и массовое – одношпиндельный или многошпиндельный токарный полуавтомат (для заготовки из прутка – прутковый автомат).

020 Токарная.

Точить базовый торец обода (противолежащий ступице) начерно, точить наружную поверхность обода на оставшейся части начерно, расточить отверстие под шлифование, точить фаски.

Технологическая база – обработанные поверхности обода и большего торца (со стороны ступицы).

Оборудование – то же (см. операцию 015).

025 Протяжная (долбежная).

Протянуть (долбить в единичном производстве) шпоночный паз или шлицевое отверстие.

Технологическая база – отверстие и базовый торец колеса.

Оборудование – горизонтально-протяжной или долбежный станки.

Применяются варианты чистового протягивания отверстия на данной операции вместо того чистового растачивания на предыдущей операции.

030 Токарная.

Точить базовый и противолежащие торцы, наружную поверхность венца начисто.

Технологическая база – поверхность отверстия (реализуется напрессовкой на оправку, осевое положение на оправку фиксируется путем применения подкладных колец при запрессовке заготовки). Необходимость данной операции вызывается требованием обеспечения соосности поверхностей вращения колеса.

Оборудование – токарно-винторезный (единичное производство), токарный с ЧПУ (серийное) или токарный многорезцовый полуавтомат.

035 Зубофрезерная.

Фрезеровать зубья начерно (обеспечивается 8-я степень точности).

Технологическая база – отверстие и базовый торец (реализуется оправкой и упором в торец).

Оборудование – зубофрезерный полуавтомат.

040 Зубофрезерная.

Фрезеровать зубья начисто (обеспечивается 7-я степень точности).

045 Шевинговальная.

Шевинговальная операция повышает на единицу степень точности зубчатого колеса. Операции применяют для термообрабатываемых колес с целью уменьшения коробления зубьев, так как снимается поверхностный наклепанный слой после фрезерования.

Технологическая база – отверстие и базовый торец (реализуется оправкой).

Оборудование – зубошевинговальный станок.

050 Термическая.

Калить заготовку или зубья (ТВЧ) или цементировать, калить и отпустить – согласно техническим требованиям. Наличие упрочняющей термообработки, как правило, приводит к снижению точности колеса на одну единицу.

055 Внутришлифовальная.

Шлифовать отверстие и базовый торец за один установ. Обработка отверстия и торца за один установ обеспечивает их наибольшую перпендикулярность.

Технологическая база – рабочие эвольвентные поверхности зубьев (начальная окружность колеса) и торец, противоположный базовому. Реализация базирования осуществляется специальным патроном, у которого в качестве установочных элементов используют калибровочные ролики или зубчатые секторы. Необходимость такого базирования вызвана требованием обеспечения равномерного съема металла и зубьев при их последующей отделке с базированием по отверстию на оправке.

Оборудование – внутришлифовальный станок.

При базировании колеса на данной операции за наружную поверхность венца для обеспечения соосности поверхностей вращения необходимо ввести перед или после термообработки круглошлифовальную операцию для шлифования наружной поверхности венца и торца, противоположащего базовому (желательно за один установ на оправке).

Технологическая база – отверстие и базовый торец.

Оборудование – круглошлифовальный или торцевокруглошлифовальный станок.

Необходимость отделки наружной поверхности венца колеса часто вызывается также и тем, что контроль основных точностных параметров зубьев производится с использованием этой поверхности в качестве измерительной базы.

060 Плоскошлифовальная.

Шлифовать торец, противоположащий базовому (если необходимо по чертежу).

Технологическая база – базовый торец.

Оборудование – плоскошлифовальный станок с прямоугольным или круглым столом.

065 Зубошлифовальная.

Шлифовать зубья.

Технологическая база – отверстие и базовый торец.

Оборудование – зубошлифовальный станок (обработка обкаткой двумя тарельчатыми или червячными кругами или копированием фасонным кругом). При малом короблении зубьев при термообработке (например, при азотировании вместо цементации) операция зубошлифования может быть заменена зубохонингованием или вообще отсутствовать.

Наличие зубошлифовальной или зубохонинговальной операции определяется наличием и величиной коробления зубьев при термообработке. Двукратное зубофрезерование и шевингование зубьев до термообработки может обеспечить 6-ю степень точности. При потере точности во время термообработки на одну степень конечная 7-я степень точности будет достигнута. Введение отделочной операции зубошлифования или зубохонингования необходимо только при уменьшении точности колеса при термообработке больше, чем на одну степень.

070 Моечная.

075 Контрольная.

080 Нанесение антикоррозионного покрытия.

Применяются варианты техпроцесса с однократным зубофрезерованием, но с двукратным зубошлифованием.

Наличие упрочняющей термообработки приводит, как правило, к снижению степени точности колес на одну единицу, что требует введения дополнительной отделочной операции. Для незакаливаемых зубчатых колес шевингование является последней операцией; перед термообработкой шевингуют зубья в целях уменьшения деформации колеса в процессе термообработки и повышения степени на одну единицу.

Приведенный выше технологический процесс требует обработки колеса на оправках как до нарезания зубьев и термообработки, так и после термообработки.

Процесс может быть построен иначе, т.е. без применения оправок до термообработки. В этом случае вся токарная обработка ведется в патронах, а протягивание шпоночного паза или шлицев производят после нарезания зубьев и нет операции чистой обработки на оправке до термообработки. В этом случае не гарантируется достаточная перпендикулярность торца к оси отверстия. Для уменьшения неперпендикулярности протягивание выполняют с жестким направлением протяжки.

Обработка плоских зубчатых колес

Так как плоские зубчатые колеса легче базируются на поверхности торцов, чем на поверхности отверстия, то токарная обработка на оправках не гарантирует устойчивости. Поэтому весь технологический процесс строят исходя из того, что установочной технологической базой будет торцевая поверхность, а отверстие – двойной опорной. Вследствие этого всю токарную обработку с обеих сторон производят в кулачковых патронах, а не на оправках. При наличии шлицевого отверстия отличительной особенностью маршрута является то, что протягивание шлицев выполняется не после черновых, а после чистовых операций и при этом следует обеспечить перпендикулярность оси отверстия к торцу. Эта задача решается путем применения вертикально-протяжного станка и некомбинированной протяжки, направленной по отверстию малого диаметра шлицев колеса, предварительно расточенного на операции 030.

Основные операции механической обработки плоского зубчатого колеса 7 степени точности

005 Заготовительная.

Резка проката или штамповка.

010 Термическая.

Нормализовать заготовку.

015 Токарная.

Точить торец с одной стороны (наружную поверхность до кулачков), расточить отверстие начерно.

Технологическая база – черная наружная поверхность и торец.

Оборудование – аналогично операции 015 маршрута колеса со ступицей.

020 Токарная.

Точить второй торец, оставшуюся наружную поверхность начерно и расточить отверстие под тонкое растачивание или протягивание.

Технологическая база – обработанные часть наружно и поверхности и торец.

Оборудование – то же.

025 Плоскошлифовальная.

Шлифовать торцы последовательно с двух сторон.

Технологическая база – торец.

Оборудование – плоскошлифовальный станок.

030 Алмазно-расточная (вертикально-протяжная).

Расточить (протянуть) отверстие под шлифование.

Технологическая база – торец и наружная поверхность (алмазно-расточная операция); торец и отверстие (протяжная).

Оборудование – токарно-винторезный, токарный одношпиндельный полуавтомат или алмазно-расточной станки; при протягивании – вертикально-протяжной станок.

035 Токарная.

Точить наружную поверхность – начисто. Обработка производится одновременно нескольких заготовок, насаженных на оправку.

Технологическая база – торец и отверстие (на оправке).

Оборудование – токарно-винторезный станок или одношпиндельный п/а.

040 Зубофрезерная.

Фрезеровать зубья начерно и начисто.

Технологическая база – та же (см. операцию 035).

Оборудование – зубофрезерный полуавтомат.

В зависимости от типа производства может выполняться за одну операцию (единичное и мелкосерийное) или за две операции (серийное и массовое).

045 Протяжная (долбежная).

Протянуть (долбить) шпоночный паз или шлицы.

Технологическая база – торец и отверстие.

Оборудование – вертикально-протяжной или долбежный станок.

050 Зубошевинговальная.

Шевинговать зубья.

Технологическая база и **оборудование** аналогичны **операции 045** маршрута колеса со ступицей.

055 Термическая.

Калить (или цементировать и калить) заготовку или только зубья ТВЧ (по техническим требованиям чертежа).

060 Круглошлифовальная.

Шлифовать наружную поверхность и один торец.

Технологическая база – отверстие и второй торец (оправка).

Оборудование – круглошлифовальный или торцевокруглошлифовальный станки.

Операция может исключаться при применении в качестве технологической базы при шлифовании отверстия (065) эвольвентной поверхности зубьев.

065 Внутришлифовальная.

Шлифовать противоположный торец и отверстие за один установ.

Технологическая база – эвольвентная поверхность зубьев и торец (см. операцию 055 маршрута колеса со ступицей).

070 Зубошлифовальная.

Шлифовать зубья.

Технологическая база – торец и отверстие.

Оборудование – см. операцию 070 маршрута колеса со ступицей.

075 Моечная.

080 Контрольная.

085 Нанесение антикоррозионного покрытия.

Раздел 4. Технология изготовления рычагов

Тема 4.1. Основные характеристики рычагов (лекция – дискуссия 1 час)

Характеристика рычагов

К деталям класса рычагов относятся собственно рычаги, тяги, серьги, вилки, балансиры, шатуны.

Рычаги являются звеньями системы машин, аппаратов, приборов, приспособлений. Совершая качательное или вращательное движение, рычаги передают необходимые силы и движения сопряженным деталям, заставляя их выполнять требуемые перемещения с надлежащей скоростью. В других случаях рычаги, например прихваты, остаются неподвижными и фиксируют относительное положение сопряженных деталей.

Детали класса рычагов имеют два отверстия или больше, оси которых расположены параллельно или под прямым углом. Тело рычагов представляет собой стержень, не обладающий достаточной жесткостью. В деталях этого класса кроме основных отверстий, обрабатываются шпоночные или шлицевые пары, крепежные отверстия и прорези в головках. Стержни рычагов часто не обрабатывают.

Значительное разнообразие конструкций рычагов вызывает необходимость их классификации с целью сужения типовых технологических процессов.

С этой целью рекомендуется следующая классификация:

1. Рычаги, у которых торцы втулок имеют общую плоскость или их торцы лежат в одной плоскости.
2. Рычаги, у которых торцы втулок лежат в разных плоскостях.
3. Рычаги, у которых имеется длинная втулка с отверстием и значительно более короткие втулки.

Технологические задачи.

Точность размеров. Отверстия – основные и вспомогательные базы, поверхностями которых рычаги и вилки сопрягаются с валиками, проектируют у рычагов и шарнирных вилок по Н7...Н9, а у вилок переключения для уменьшения перекоса при осевом перемещении – по Н7...Н8. Точность расстояний между параллельными исполнительными поверхностями вилок

переключения назначают по IT10...IT12. Расстояние между осями отверстий основных и вспомогательных баз рычагов должны соответствовать расчетным; допускаемые отклонения в зависимости от требуемой точности колеблются от $\pm 0,025$ до $\pm 0,1$ мм.

Точность формы. В большинстве случаев особых требований к точности формы поверхностей не предъявляется, т. е. погрешность формы не должна превышать допуск на размер или, в зависимости от условий эксплуатации, погрешности формы не должны превышать от 40 до 60 % от поля допуска на соответствующий размер.

Точность взаимного расположения. Для хорошего прилегания поверхностей отверстий к сопряженным деталям оси поверхностей отверстий – вспомогательных баз рычагов должны быть параллельны осям поверхностей отверстий – основных баз с допускаемыми отклонениями $(0,05...0,3)/100$ мм.

У рычагов, имеющих плоские обработанные поверхности, в некоторых случаях (по служебному назначению), задается перпендикулярность осей отверстий относительно этих плоскостей с допускаемыми отклонениями $(0,1...0,3)/100$.

Качество поверхностного слоя. Шероховатость поверхности отверстий у рычагов и вилок в зависимости от точности диаметров отверстий назначают $Ra = 0,8...3,2$ мкм, шероховатость исполнительных поверхностей у рычагов $Ra = 0,63...3,2$, у вилок переключения $0,8...3,2$ мкм. Для увеличения сроков службы твердость исполнительных поверхностей рычагов и вилок устанавливают HRCэ 40...60.

Материалы и заготовки для рычагов

В качестве материалов для изготовления рычагов служат: серый чугун, ковкий чугун и конструкционные стали. Работающие при незначительных нагрузках рычаги изготавливают из пластмассы.

Выбор материала зависит от служебного назначения и экономичности изготовления детали.

Рычаги сложной формы могут быть достаточно экономично изготовлены из заготовки-отливки. Для деталей, работающих в машинах под небольшими, неударными нагрузками, выбирают серый чугун. Для нежестких деталей, работающих с толчками и ударами, недостаточно вязкий серый чугун является ненадежным материалом и заменяется ковким чугуном. При получении ковкого чугуна обязательным становится отжиг, после которого заготовки коробятся и должны дополнительно подвергаться правке.

Введение дополнительных операций отжига и правки удорожает заготовки, поэтому в ряде случаев рычаги изготавливают из стали.

Чугунные заготовки рычагов получают обычно литьем в песчаные формы, отформованные по механическим моделям. При повышенных требованиях к точности отливок заготовки отливают в оболочковые формы. Отливки из ковкого чугуна следует подвергать отжигу и последующей правке для уменьшения остаточных деформаций. Припуски на обработку и допуски на размеры отливок рычагов определяются соответствующими стандартами.

Стальные заготовки рычагов получают ковкой, штамповкой, литьем по выплавляемым моделям и резе сваркой. При штамповке заготовок в небольших количествах применяют подкладные штампы. С увеличением масштаба изготовления заготовок более экономичной становится штамповка их в открытых и закрытых штампах.

В серийном производстве штамповки выполняют на штамповочных молотах, фрикционных и кривошипных прессах, а в крупносерийном и **массовом производстве** – на кривошипных прессах и горизонтально-ковочных машинах. Для повышения производительности и уменьшения себестоимости штампованных заготовок их предварительное формование в массовом производстве в ряде случаев производят на ковочных вальцах.

Для уменьшения трудоемкой механической обработки, уменьшения расхода металла и улучшения внешнего вида сложных по конструктивной форме стальных рычагов их заготовки вместоковки или штамповки получают литьем по выплавляемым моделям. Модели заготовок и литниковой системы из легкоплавких модельных составов, приготовленных на основе парафина, полистирола, стеарина подобных компонентов, получают в специальных пресс-формах.

Шероховатость поверхности отливок по выплавляемым моделям соответствует $Ra = 6,3$ мкм. Отверстия по чертежу диаметром меньше 25 мм в заготовках литьем в песчаные формы и штамповкой обычно не получают.

Работающие при значительных нагрузках стальные рычаги из среднеуглеродистой стали для повышения прочности перед механической обработкой термически обрабатывают (закалка и высокий отпуск).

Основные схемы базирования

При фрезеровании торцев втулок за технологическую базу принимают или поверхности стержня рычага, или противоположные торцы втулок, при их шлифовании за технологическую базу принимают противоположные торцы втулок.

При обработке основных отверстий в качестве технологической базы выбирают обработанные торцы втулок и их наружные поверхности, что обеспечивает равенство торцов. Заключительные этапы обработки выполняют при использовании в качестве технологической базы одного или двух основных отверстий и торцов втулок.

При обработке на автоматических линиях для соблюдения принципа постоянства баз рычаги базируют и закрепляют за стержень в приспособлениях-спутниках.

Тема 4.2. Типовой маршрут изготовления рычагов (лекция – дискуссия 2 часа)

Типовые маршруты изготовления рычагов

Рассмотрим основные операции механической обработки рычагов с общей плоскостью торцов втулок

005 Заготовительная.

Чугунные заготовки получают литьем в песчаные формы или оболочковые. Отливки из ковкого чугуна следует подвергать отжигу и последующей правке для уменьшения остаточных деформаций. Стальные заготовки – ковкой, штамповкой, литьем по выплавляемым моделям, а в единичном производстве – сваркой.

010 Фрезерная.

Фрезеровать торцы втулок с одной стороны начерно или начисто и с припуском под шлифование (при необходимости).

Технологическая база (установочная) – поверхность стержня или противоположные торцы втулок. Направляющую и опорную базы выбирают из условий удобства установки детали. **Станок** – вертикально-фрезерный или карусельно-фрезерный.

015 Фрезерная.

Аналогично предыдущей операции, но с другой стороны. **Технологическая база** – обработанные торцы втулок.

В серийном и массовом производствах, обработка торцов втулок может выполняться одновременно с двух сторон, на горизонтально-фрезерном станке набором фрез. **Технологическая база** – поверхность стержня или поверхность втулок. Если заготовки проходят чеканку (т.е. торцы втулок обжаты прессом), то фрезерную обработку не производят.

020 Обработка основных отверстий.

Технологическая база – обработанные торцы втулок и их наружные поверхности, что обеспечивает равенство втулок.

В зависимости от типа производства операцию выполняют:

- в единичном и мелкосерийном производствах на радиально – и вертикально-сверлильных станках или расточных станках по разметке со сменой инструмента;
- в мелкосерийном и серийном производствах – на сверлильных станках с ЧПУ, на радиально- и вертикально-сверлильных станках по кондуктору со сменой инструмента и быстросменных втулок в кондукторах;
- в крупносерийном и массовом производствах – на агрегатных многошпиндельных одно и многопозиционных станках, вертикально-сверлильных станках с многошпиндельными головками и на протяжных станках.

Маршрут обработки основных отверстий имеет варианты:

- сверление, зенкерование, одно или двукратное развертывание или двойное растачивание;
- сверление и протягивание (для отверстий диаметром более 30 мм), полученные в заготовке прошиванием или литьем сверление заменяют предварительным зенкерованием.

Обеспечение параллельности осей и межосевого расстояния основных отверстий достигается следующим образом (в порядке убывания точности):

- одновременной обработкой несколькими инструментами на многошпиндельных станках;
- последовательной обработкой при неизменном закреплении заготовки;
- последовательной обработкой на разных станках, в разных приспособлениях.

030 Обработка шпоночных пазов или шлицевых поверхностей в основных отверстиях.

035 Обработка вспомогательных отверстий с нарезанием в них резьб (если нужно), пазов и уступов. **Технологическая база** – основные отверстия (одно или два) и их торцы.

040 Плоское шлифование торцов втулок.

Выполняется при повышенных требованиях к шероховатости и взаимному расположению торцов втулок на плоскошлифовальном станке с переустановкой. **Технологическая база** - торцы втулок.

050 Моечная.

055 Контрольная.

060 Нанесение покрытия.

В зависимости от конкретных условий последовательность обработки поверхностей рычагов может изменяться. Применяют варианты маршрута, в которых операции 010 и 020 меняются местами или объединяются.

Маршрут обработки рычагов с торцами втулок в разных плоскостях:

- обрабатывают торцы втулок с одной стороны;
- обрабатывают основные отверстия с той же стороны;
- обрабатывают торцы втулок с другой стороны;
- обрабатывают остальные поверхности в последовательности, указанной в первом варианте.

Тема 4.3. Особенности проектирования технологических процессов на станках с ЧПУ и ГПС (лекция – дискуссия 1 час)

При проектировании технологических операций для станков с ЧПУ необходимо учитывать ряд особенностей обработки. Эти особенности, основные из которых приведены ниже, подтверждены практикой эксплуатации станков с ЧПУ в производственных условиях. Снижение затрат на проектирование технологии и обработку изделий на станках с ЧПУ достигается за счет использования типизированных технологических решений. Эти решения различаются при обработке заготовок деталей типа тел вращения и для обработки корпусных деталей.

При анализе операционной технологии для получения деталей типа тел вращения все многообразие обрабатываемых поверхностей может быть представлено в виде "основных" и "дополнительных" форм поверхностей. В качестве основной формы поверхности принимается поверхность, которая может быть получена резцами с $\varphi = 95^0$, $\varphi_1 = 30^0$, проходными при обработке наружных и торцовых поверхностей и расточным при обработке внутренних поверхностей.

Основные формы поверхностей: цилиндрические и конические, поверхности с радиусными и криволинейными образующими, поверхности глубоких (до 1.5 мм) канавок и другие, которые могут быть обработаны указанными резцами.

Поверхности, которые требуют для их образования другого инструмента, отнесены к дополнительным формам поверхности. Число дополнительных форм поверхностей достигает 40.

На токарных операциях по обработке конкретных изделий число дополнительных форм поверхностей не превышает 2...3 типов.

Обработка валов отличается некоторыми особенностями.

Заготовки для центровых работ, поступающие на станки с ЧПУ, должны иметь центровые отверстия и хотя бы один обработанный торец.

Предварительные операции для многих заготовок могут включать не только обработку торцов и центрование, но и ряд других операций, выполняемых на концах вала: сверление центральных отверстий и нарезание в них резьбы, обтачивание отверстий в трубных заготовках, протачивание фасок, канавок и т. п. Для деталей типа шпинделей, гильз, пинолей предварительные операции включают глубокое сверление и растачивание центрального отверстия.

Предварительные операции создают условия для последующей токарной обработки вала за один установ. Для некоторых поверхностей и элементов заготовки эти операции являются окончательными и это повышает требования к точности их выполнения.

Заготовки, деформация которых при снятии больших припусков не выходит за пределы, предусмотренные техническими требованиями к операции, необходимо обрабатывать за один – два установка. При обработке за один установ используются правые и левые резцы.

Термолучение заготовки желательно проводить перед обработкой на токарном станке с ЧПУ, если это не сказывается на точности и работоспособности изделий.

При выполнении черновых переходов для повышения жесткости инструмента необходимо использовать резцы для конического точения с углами $\varphi = 95^0$, $\varphi_1 = 5^0$.

Порядок обработки поверхностей заготовок для деталей типа валов следующий:

1. Черновая обработка основных форм наружной поверхности. В первую очередь выполняется обработка, требующая перемещения в направлении к передней бабке.

2. Черновая и чистовая обработка дополнительных форм поверхности (если имеются дополнительные формы, требующие черновой обработки). Обрабатываются все дополнительные поверхности, кроме канавок для выхода резьбообразующего инструмента и шлифовального круга, а также мелких выточек.

3. Чистовая обработка основных форм поверхности: подрезка торца (только на первом установе); чистовая обработка основных форм наружной поверхности.

4. Обработка дополнительных форм поверхности, не требующих черновой обработки.

При проектировании токарной обработки втулок, фланцев и им подобных деталей необходимо учитывать определенные обстоятельства.

Надежность работы инструмента снижается при врезании его режущей кромки в необработанную поверхность заготовки. Чем меньше врезаний реза в такие поверхности, тем выше надежность его работы. В связи с этим, рекомендуется произвести сначала один рабочий ход резцом по торцевой поверхности в направлении к оси вращения заготовки и один рабочий ход по цилиндрической поверхности, параллельной этой оси. Дальнейшее направление перемещения реза вырабатывают исходя из условия минимального числа рабочих ходов.

Зенкеры и развертки обычно не включаются в номенклатуру инструментов, используемых на токарных станках с ЧПУ, так как при обработке отверстий на этих станках в большинстве случаев более производительнее производить растрачивание с формированием более качественной поверхности. Применение зенкеров и разверток рентабельно только при обработке больших партий заготовок либо отверстий малого диаметра.

Для некоторых заготовок необходима предварительная обработка для создания надежных технологических баз.

Типовая последовательность обработки при закреплении заготовок в патроне следующая.

1. Центрование (если сверлится отверстие диаметром меньше 20 мм).

2. Сверление.

3. Черновая обработка основных поверхностей: подрезание внешнего торца (для поковок, штампованной заготовки – снятие припуска на всех торцах); обтачивание наружных поверхностей; растачивание внутренних поверхностей.

4. Черновая и чистовая обработка дополнительных форм поверхностей. В тех случаях, когда черновую и чистовую обработку основных форм поверхностей выполняют одним резцом, все дополнительные поверхности формируют после чистовой обработки.

5. Чистовая обработка внутренних и наружных основных поверхностей.

6. Обработка внутренних и наружных, в том числе торцовых дополнительных поверхностей, не требующих черновой обработки (включая отрезку).

Количество операций и установов определяется в соответствии с принципами технологии в зависимости от заданной точности обработки поверхностей и их взаимного расположения.

С целью повышения надежности работы режущего инструмента как при обработке валов, так и других деталей на станках с ЧПУ в ряде случаев программируется снижение подачи в момент врезания инструмента в материал заготовки на 30...50 % от рабочей, а после начала резания увеличение до рабочей.

При токарной обработке на станках с ЧПУ может быть обеспечена точность наружного диаметра и отверстия по 7-му качеству, а при использовании систем автоматической подналадки – по 6-му качеству точности; параметр шероховатости поверхности $Ra=1,6$ мкм, допуск соосности отверстия и наружной поверхности в пределах 8...9-го качества.

Несмотря на большое разнообразие дополнительных форм поверхностей для их обработки используется ограниченное число типоразмеров режущего инструмента за счет использования специальных схем перемещения инструмента при формировании типовых элементов детали.

Проектирование технологической операции на станке с ЧПУ включает построение траектории рабочих и вспомогательных перемещений режущего инструмента. Перемещения каждого инструмента начинается и заканчивается в исходной точке или в точке его смены и включают подвод, отвод и вспомогательные движения, осуществляемые на быстром ходу; врезание, перебег и рабочее движение, которые осуществляются на рабочих подачах. Вспомогательные и рабочие участки траектории ограничиваются особыми точками, в которых изменяется какое-либо условие работы инструмента (направление перемещения, скорость, частота вращения, включение и выключение охлаждения, изменение координат инструмента и т. п.). Эти точки получили название опорных точек. Различают опорные точки, связанные с геометрией перемещения, технологией обработки и контроля.

Количество рабочих ходов при обработке поверхностей зависит от заданной точности. При этом необходимо помнить, что современные системы управления станками с ЧПУ имеют развитое программное обеспечение, включающее постоянные технологические циклы обработки различных поверхностей, что значительно упрощает программирование обработки.

Обработка заготовок корпусных деталей и других деталей сложной формы в серийном производстве производится на много-операционных станках (сверлильно-фрезерно-расточных многоинструментальных станках с ЧПУ).

Маршрутный технологический процесс для обработки этих заготовок разрабатывается с учетом особенностей обработки на станках с ЧПУ, технологических возможностей этих станков (в том числе точности и производительности обработки) и их стоимости. Операции, выполняемые на станках с ЧПУ, могут охватить весь технологический процесс изготовления детали или только его часть (в сочетании с операциями, выполняемыми на других станках).

В маршрутном технологическом процессе обработки заготовок корпусных деталей и им подобных при необходимости искусственного старения или наличия точных отверстий и плоскостей следует дифференцировать операции на черновые и чистовые. В таких случаях заготовки, имеющие пять-шесть обрабатываемых сторон, обрабатывают, как правило, за одну - две черновые и две чистовые операции (установа).

Для заготовок, не проходящих старение и (или) не имеющих точных отверстий и плоскостей, предусматривают одну или две операции обработки на многоинструментальном станке в зависимости от числа обрабатываемых сторон и заданной точности. Для сложных деталей должна быть предусмотрена операция разметки и нанесения разметочных линий, определяющих положение заготовки.

Плоскости и отверстия, точность относительного положения которых задана с жесткими допусками, необходимо обрабатывать в размер за одну операцию при неизменном установе заготовки.

При небольшой трудоемкости черновой обработки в технологическом процессе предусматривается одна черновая операция. Когда выделение черновой обработки в отдельную операцию на многоинструментальном станке неэффективно, операция выполняется на станках другого типа или объединяется с операцией чистовой обработки на станке с ЧПУ.

Черновая обработка выделяется в отдельную операцию, когда трудоемкость обработки на станке с ЧПУ велика или когда эта операция необходима для создания технологических баз для последующей обработки.

Количество переходов при проектировании операций на многоинструментальном станке для каждой поверхности назначается в соответствии с типовыми схемами обработки в зависимости от заданной точности. Кроме того, учитываются типовые циклы обработки отдельных поверхностей и схемы перемещения инструмента при этом.

Последовательность выполнения переходов на многоинструментальных станках следующая.

1. Операция, как правило, начинается с выполнения фрезерных переходов (фрезерование плоскостей, уступов, пазов и т. п.). Сначала фрезеруются внешние плоскости заготовки, затем уступы, пазы, выступы, различные контуры на внешних плоскостях заготовки, затем другие подобные элементы, расположенные на некотором расстоянии от внешних плоскостей. Если время, затрачиваемое на смену инструмента, превышает время, затрачиваемое на поворот стола, сначала осуществляются все переходы, выполняемые данным инструментом, затем сменяются инструменты. Если соотношение указанных времен иное, то сначала выполняют все переходы, необходимые для обработки заготовки при одном положении поворотного стола, затем программируют поворот стола и продолжают обработку.

2. Далее производится обработка отверстий. Сначала обработка основных отверстий и отверстий большого (более 30 мм) диаметра в сплошном металле, затем переходы обработки предварительно полученных отверстий. Далее обрабатываются торцы, канавки, фаски и другие элементы, точность обработки которых ниже точностных возможностей станка.

4. Следующими являются переходы получистовой и чистовой обработки основных отверстий, торцов, канавок, точность размеров и расположения которых соизмерима с точностными возможностями станка. Обработка различного рода канавок, выемок, расположенных несимметрично относительно точных поверхностей основного отверстия, выполняется после чистовой обработки основных отверстий, что позволяет избежать искажения формы.

Последовательность черновых переходов определяют, исходя из условия уменьшения времени на вспомогательные перемещения, последовательность получистовых и чистовых переходов – исходя из уменьшения числа изменений положения инструмента и детали в плоскости, перпендикулярной к оси обработки.

5. Заключительными переходами операции обработки заготовок на многоинструментальных станках являются, как правило, переходы обработки вспомогательных отверстий.

При проектировании технологического процесса с использованием станков с ЧПУ наряду с вопросами, рассмотренными выше, необходимо учитывать:

- обоснование целесообразности использования станков с ЧПУ на тех или иных операциях технологического маршрута; к основным условиям целесообразности, например, могут быть отнесены геометрическая сложность обрабатываемых заготовок, необходимость концентрации операций, необходимость повышения точности, увеличения производительности и другие;

- обоснование последовательности и количества переходов при разработке структуры операции; режимы резания на станках с ЧПУ назначаются в общепринятом порядке; особенностью является необходимость учета стойкости каждого инструмента в наладке и ее усреднения для снижения затрат времени на замену отдельных инструментов; для инструментов с небольшой стойкостью необходимо предусмотреть установку инструментов-дублеров;

- обоснование выбранной модели станка для каждой технологической операции ЧПУ с указанием технологических возможностей;

- технологическую документацию для выполнения операций на станках с ЧПУ.

В производственных условиях при разработке технологических процессов технологическая документация в зависимости от способа подготовки управляющих программ (УП) различна.

Комплект документации на операцию может содержать маршрутную карту, операционную карту, операционный эскиз, карту наладки и карту настройки инструмента, карту крепежной оснастки, схему совмещения координат, анкету инструмента.

Обычно в серийном производстве заполняются операционные карты и карты эскизов.

Проектирование гибкой автоматизированной технологий механической обработки направлено на повышение производительности труда; сокращение трудовых затрат; повышение качества изделий; улучшение условий работы и повышение безопасности труда. Исходный технологический процесс должен быть усовершенствован путем автоматизации для достижения одного или нескольких перечисленных показателей.

Гибкое автоматизированное производство наиболее эффективно в условиях мелко- и среднесерийного производства при достаточной частой переналадке на обработку очередной партии заготовок из заданной номенклатуры. Одним из принципов, на которых базируется ГПС, является технология групповой обработки. В связи с этим заданную деталь для проектирования автоматизированного технологического процесса ее получения следует рассматривать как деталь – представитель средней сложности со средней трудоемкостью из группы деталей, подобных по конструктивно-технологическим признакам и общности оборудования, на котором производится обработка.

Основное внимание при разработке гибких производственных систем (ГПС) уделяется вопросам, связанным с организацией производства, тем не менее, от тщательности проработки технологических вопросов зависит и эффективность автоматизированного производства. Особенности, которые необходимо учитывать при проектировании технологических процессов для ГПС, и являются содержанием курсового проекта.

Анализ исходного (заданного) технологического процесса является необходимым условием для его автоматизации. Разработка автоматизированного технологического процесса изготовления детали проводится параллельно с анализом исходного технологического процесса.

В результате определяются:

- характеристики получаемых деталей и вид исходных заготовок, требования к технологичности конструкции, методу получения заготовок и его точности;

- содержание технологических операций до и после автоматизации;

- состав основного технологического оборудования и технические требования по его модернизации или замене;

- методы обеспечения заданной точности обработки поверхностей заготовок и их взаимного расположения по операциям технологического процесса до и после автоматизации, методы контроля точности;

- схемы базирования и установки заготовок, методы обеспечения точности установки, вид технологической оснастки и технические требования на нее, характеристики устройств смены заготовок и промышленных роботов (ПР);

- станкоемкость обработки заготовок, исходные данные для построения циклограмм, количество единиц основного оборудования и промышленных роботов;

- методы организации и средства межстаночного транспортирования и накопления заготовок до и после автоматизации;

- характеристика отходов обработки и методы их удаления.

Рабочий чертеж должен давать полное представление о детали (конфигурации, размерах всех поверхностей, материале, технических требованиях) и соответствовать стандартам ЕСКД на оформление чертежей деталей.

На основании данных рабочего чертежа приводится назначение детали, формулируются соображения о возможности ее изготовления в условиях гибкого автоматизированного производства.

Одновременно оценивается технологичность конструкции детали с учетом требований автоматизации:

- возможность упрощения конструкции детали без ущерба качества ее работы;
- отсутствие технологических трудностей, связанных с автоматическим транспортированием, базированием и закреплением заготовок;
- наличие баз для закрепления в оснастке и захвата автоматическими средствами манипулирования;
- наличие ясно выраженных признаков ориентации, позволяющих организовать транспортирование заготовок и их складирование в ориентированном виде;
- отсутствие технологических трудностей, связанных с автоматической обработкой заготовок, удобство подвода инструмента, возможность обработки за один установ несколько поверхностей, простота программирования обработки, отсутствие редко встречающихся элементарных поверхностей и т. д.

Автоматизированная обработка заготовок ужесточает требования к методу получения исходных заготовок и его точности. Наличие уклонов, коробления, заусенцев, дефектов поверхностей заготовок, нестабильность геометрических размеров и механических свойств материала приводят к невозможности обеспечения точности захвата и установки заготовок, к заклиниванию или перекосу в автоматических транспортных и подающих устройствах, снижению надежности операций механической обработки.

Поверхности исходной заготовки должны иметь уменьшенные ($1...2^\circ$) уклоны, их коробление должно быть минимальным для метода получения заготовки, смещение по линии разреза для штампованных поковок и отливок должно быть минимальным, не допускается наличие заусенцев, раковин, скалины. Для уменьшения объема механической обработки наилучшим является такой метод получения заготовок, когда все свободные поверхности, не требующие обработки резанием, будут выполняться при получении заготовки.

Необходимо стремиться к обработке заготовок с разных сторон на одном станке, в том числе и для заготовок типа тел вращения, совмещать черновую и чистовую обработку, шире использовать концентрацию различных методов обработки на одном станке. При этом необходимо помнить, что такая концентрация должна обеспечить заданное качество детали.

При проектировании содержания операций желательна их максимальная синхронизация по времени обработки. Так как изменение содержания операций влияет на состав технологического оборудования, методы достижения необходимой точности, вид технологической оснастки, анализ содержания технологических операций проводится параллельно с выполнением остальных этапов. Здесь же необходимо определить, какие операции выполняются автоматически, а какие с участием человека.

Одним из источников повышения эффективности в гибком автоматизированном производстве является программная переналадка на выполнение обработки заготовок различных типоразмеров из определенной номенклатуры. В связи с этим изготовление изделий в ГПС, как правило, должно осуществляться на оборудовании с числовым программным управлением (ЧПУ). Предпочтение отдается многооперационным и многошпиндельным станкам с ЧПУ.

Заготовка, для обработки которой проектируется автоматизированный технологический процесс, является представителем группы заготовок, сходных по конструктивно-технологическим параметрам. С этих позиций следует подходить и к анализу приспособлений для закрепления заготовок по заданному технологическому процессу и выбору приспособлений для проектируемого технологического процесса.

При обработке заготовок на ГПС используются приспособления-спутники (палеты), стационарные приспособления со сменными или переналаживаемыми элементами, стационарные автоматически переналаживаемые приспособления. Палеты с установленными для обработки заготовками сменяются специальными устройствами либо промышленными роботами.

Установка заготовок в стационарные приспособления и снятие их чаще всего производятся промышленными роботами.

Особое внимание должно быть уделено методам обеспечения точности установки заготовок. Приводятся схемы выбранной оснастки и схемы базирования и установки заготовок на каждой из операций технологического процесса с указанием поверхностей для ее захвата и транспортирования средствами автоматического манипулирования (транспортных баз) и перечень мероприятий, обеспечивающих точность автоматической установки.

При использовании приспособлений-спутников выбирается способ их базирования и закрепления на станке. В зависимости от конструктивных особенностей обрабатываемых заготовок, схем их установки для обработки, вида оснастки выбираются устройства загрузки оборудования: устройства автоматической смены палет, модели промышленных роботов, автооператоры и т.п., с обоснованием выбора.

Основными параметрами промышленных роботов, определяющими их выбор, являются: подвижность корпуса, грузоподъемность, количество степеней подвижности, точность позиционирования, быстрдействие.

Основное время обработки заготовок на каждой из операций технологического процесса рассчитывается исходя из режимов обработки и содержания переходов.

При изготовлении заготовок в условиях гибкого производства изменяется структура выражения для определения штучного времени. Из него исключается время, необходимое на отдых, время организационного обслуживания. Время на техническое обслуживание рабочего места, необходимое на замену инструмента вследствие его износа, регулировку и под-наладку станков, как правило, перекрывается основным временем, так как эти элементы операции выполняются автоматически.

В расчет станкоемкости входит основное время обработки заготовок, время автоматической установки и снятия заготовок, вспомогательное время, связанное с переходом, затрачиваемое на операции автоматического контроля геометрических параметров поверхностей заготовок, смену инструмента (поворот револьверной головки, установку из магазина инструментов и обратно), холостые перемещения рабочих органов станка до начала резания.

В автоматизированном производстве работы, на выполнение которых в обычном производстве необходимо подготовительно-заключительное время, как правило, автоматизированы и перекрываются основным временем. Неперекрываемые затраты могут быть учтены коэффициентом подготовительно-заключительного времени, который при отсутствии других данных может быть принят $K=1,1$.

По станкоемкости отдельных операций проектируемого технологического процесса может быть определена средняя станкоемкость

$$T_{\text{ст.ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{ст.}i}}{n}$$

где $T_{\text{ст.}i}$ — станкоемкость отдельной, операции; n — число операций технологического процесса.

Так как принято допущение, что деталь, для изготовления которой проектируется технологический процесс, является представителем группы деталей со средними параметрами, можно принять среднюю станкочастоту, равную среднему такту выпуска деталей. Часть годового фонда времени работы оборудования ГАУ будет занята обработкой заготовок для изготовления заданной детали, остальная часть фонда с учетом коэффициента использования оборудования занята обработкой остальных заготовок группы.

На основании данных о станкочастоте операций и среднем такте выпуска деталей может быть определено необходимое количество оборудования как отношение станкочастоты каждой операции к среднему такту выпуска:

$$N_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{ст.и}}}{T_{\text{ст.сп}}}$$

В соответствии с этими данными определяется принятое количество станков округлением расчетной величины в большую сторону.

Коэффициент загрузки оборудования может быть определен как отношение расчетного количества станков к принятому. При коэффициенте загрузки оборудования менее 0,55 использование двух станков для выполнения одной операции нецелесообразно, необходимо скорректировать режимы обработки так, чтобы обеспечить выполнение этих операций на одном станке.

Определение количества оборудования и времени обработки заготовок на нем позволяет рассчитать необходимое количество промышленных роботов для обслуживания проектируемой гибкой линии или участка. Обслуживание нескольких станков одним ПР снижает затраты и дает возможность выполнять ПР и функции транспортирования. Но при этом возникают условия для потерь времени ожидания станков обслуживания, если одновременно на нескольких станках возникает потребность в новых заготовках.

Продолжительность простоев станков и роботов определяется множеством факторов: числом оборудования, временем работы каждой единицы, временем обслуживания, компоновкой участка. Период обслуживания ПР станка начинается с момента окончания обработки заготовки, когда формируется сигнал, разрешающий роботу начать обслуживание станка. Заключается этот период после момента выхода ПР из рабочей зоны станка и подачи сигнала на пуск программы станка.

Время обслуживания можно найти, исходя из длин участков траекторий манипулирования и скоростей перемещения рабочих органов ПР по этим траекториям.

На траекториях манипулирования выделяются следующие характерные участки:

- установка и снятие заготовок с оборудования; - вход и выход захватного устройства из рабочей зоны оборудования;
- перемещение между оборудованием (подход, уход, движение мимо оборудования);
- перемещения, связанные со сменой захватных устройств.

Состав и чередование этих участков манипулирования определяются порядком расположения оборудования и его обслуживания роботом.

Для обслуживания оборудования применяется не один, а несколько ПР в следующих случаях:

- один робот не успевает обслужить оборудование за требуемое время, т.е. обеспечиваемый им такт выпуска больше требуемого;

- на различных операциях обеспечить установку и снятие заготовок одним захватным устройством затруднительно;
- величины перемещений одного робота не позволяют обслужить все оборудование участка или линии.

Количество промышленных роботов для обслуживания станков участка может быть определено с помощью циклограмм работы оборудования и промышленного робота. Когда время простоя одного из станков превышает время его обслуживания роботом, целесообразно увеличить число промышленных роботов. Точный анализ может быть проведен на основе теории массового обслуживания.

Выбираются и обосновываются методы транспортирования заготовок от станка к станку, методы подачи заготовок на участок и с участка на склад. Крупногабаритные и тяжелые изделия перемещаются транспортной системой поштучно. Более мелкие изделия транспортируются партиями в специальных контейнерах или таре.

Для сохранения требуемой производительности между станками могут предусматриваться буферные накопители, функции которых выполняют контейнеры с партиями заготовок или специальные участки поштучного транспортирования.

От станка к станку изделия передаются с помощью промышленных роботов, с помощью дополнительных передающих устройств как контейнерного, так и поштучного транспортирования.

В ряде случаев при обработке заготовок на соседних операциях технологического процесса их необходимо развернуть или перекантовать. Эту операцию возможно выполнить с помощью промышленного робота либо с помощью специальных устройств. При этом подробно разрабатывается метод транспортирования заготовок, схемы транспортных путей, эскизы контейнеров с порядком расположения в них заготовок, эскизы выбранных устройств для изменения положения заготовок между операциями. В случае, если для технологического процесса выбран метод обработки заготовок на приспособлениях-спутниках, разрабатывается эскиз приспособления-спутника с элементами базирования и закрепления заготовок.

В случае использования приспособлений-спутников необходимо определить число позиций их загрузки и разгрузки. Необходимое число позиций определяется по формуле:

$$n_{\text{поз}} = \frac{t \cdot K_{\text{дет}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60}$$

где t – средняя трудоемкость операций на позиции (только загрузки или разгрузки, если эти операции разделены, или суммарная, если обе операции выполняются на одной позиции), мин; $K_{\text{дет}}$ – число детали-установок, переходящих через позицию в течение месяца; $\Phi_{\text{поз}}$ – месячный фонд времени работы позиции, ч.

Число детали-установок ориентировочно можно определить, исходя из среднего такта выпуска заготовок, месячного фонда времени и коэффициента использования оборудования, следуя принятым допущениям о том, что заданная деталь является типовым представителем группы аналогичных деталей.

Особенности проектирования технологических процессов обработки заготовок на автоматизированных участках и автоматических линиях

Особенностью технологических процессов автоматизированного производства является их интенсификация путем концентрации операций и переходов, применения новых высокопроизводительных методов обработки, максимальной автоматизации управления процессом механической обработки.

Методика проектирования автоматизированного технологического процесса механической обработки в принципе та же, что и неавтоматизированного.

При разработке технологии обработки заготовок резанием на автоматизированном оборудовании будут полезны рекомендации, учитывающие ее специфику:

- при обработке конструкции детали на технологичность необходимо учитывать требования автоматизированного производства: простоту ориентации, загрузки и выгрузки, удобство транспортирования, установки и фиксации заготовки, возможность одновременной обработки нескольких поверхностей и автоматического контроля;

- технологические базы в автоматизированном технологическом процессе должны обеспечивать: необходимую точность ориентации заготовки в системе координат станка, надежность автоматической фиксации и закрепления заготовки, выполнение всего технологического процесса без смены баз, автоматическую загрузку и межагрегатное транспортирование заготовок. При отсутствии у заготовок поверхностей, отвечающих сформулированным требованиям, применяют предварительную установку заготовок на приспособления-спутники. В необходимых случаях подготовку технологических баз при обработке на автоматической линии (или при установке заготовки в приспособление-спутник) производят на отдельных операциях вне автоматической линии);

- маршрутный технологический процесс разрабатывают с учетом максимальной концентрации операций, соблюдения принципа единства баз, выполнения чистовых и отделочных операций в конце технологического процесса;

- при проектировании автоматических операций анализируют возможность совмещения технологических и вспомогательных переходов во времени. Для каждой операции устанавливают настроечные размеры и составляют схему наладки, определяют норму штучного времени и обеспечивают равенство или кратность штучного времени такту автоматической линии.

Оборудование выбирают в зависимости от методов и сложности обработки поверхностей заготовки, масштаба выпуска. К нему предъявляют общие требования обеспечения заданного качества объектов производства при максимальной производительности и экономичности.

Инструменты должны обладать повышенной режущей способностью и размерной стойкостью, обеспечивать быструю смену и возможность настройки вне станка (линии), так как обычно на автоматических линиях и станках с ЧПУ применяют бесподналадочную замену изношенного инструмента.

Режимы механической обработки, выбранные по справочным данным для неавтоматизированного производства, снижают на 10...30 %.

Необходимость синхронизации выполнения операций является первой, но общей для всех поточных линий (как автоматических, так и неавтоматических) особенностью проектирования технологического процесса. Согласование продолжительности операций с заданным тактом выпуска деталей создает условия для лучшей загрузки по времени всех станков линии, уменьшает их простои. Главным средством синхронизации служит регулирование степени концентрации операций.

В автоматической поточной линии рабочие зоны смежных станков связаны между собой транспортирующими устройствами в каждой зоне работает загрузочное устройство или иной механизм, обеспечивающий установку и снятие обрабатываемой детали.

Необходимость заботиться о простоте всех этих вспомогательных устройств выдвигает некоторые дополнительные требования к операциям технологического процесса.

1. Каждая операция должна быть рассчитана на выполнение только за один установ. Автоматическое выполнение второго установа требует сложного механизма и, можно сказать, не практикуется. Изменение положения детали в рабочей зоне станка с целью обработки ее с разных сторон осуществимо лишь как изменение позиций детали. Иногда это оправдывается в операциях, выполняемых путем вращения инструмента при неподвижной детали (станки сверлильные, расточные, фрезерные головки с подвижным инструментом на агрегатных станках и т.п.), но исключено для операций, выполняемых с вращением детали (станки типа токарных, круглошлифовальных и т.п.).

Получение разных позиций детали требует автоматической работы поворотного делительного стола у станка или заменяющего его специального приспособления для детали. Избегая связанных с этим усложнений и одновременно повышая производительность на операции, применяют двусторонние (вообще – многосторонние) станки.

2. Все переходы операции должны выполняться за один рабочий ход. Это требование связано с необходимостью автоматического получения всех операционных размеров, выдерживаемых на операции. Выполнение второго рабочего хода требует изменения положения (позиции) инструмента относительно детали. Это не только усложняет потребное оборудование, но и отрицательно сказывается на точности обработки.

Разумеется, это требование не относится к операциям, выполняемым процессами с послонным снятием припуска немерным инструментом (шлифование, хонингование и т.п.). В таких операциях автоматическое получение заданной точности обеспечивают (не только в условиях поточных линий) либо применением средств активного контроля размера (например, при шлифовании и хонинговании), либо ограничением самого количества рабочих ходов или времени обработки (хонингование, шевингование и т.п.).

Необходимость обработки за один рабочий ход делает особенно важной задачу уменьшения общих припусков на механическую обработку, т.е. повышения точности заготовки и уменьшения у нее глубины дефектного поверхностного слоя. Связанная с этим возможность уменьшения количества потребных станков в линии, оправдывает самый тщательный (расчетный) метод определения необходимых припусков.

Описанные два требования, направленные на уменьшение количества действий, необходимых в рабочей зоне станка, и упрощение "механики" этих действий, являются общими для всех автоматических линий. Другие требования (и соответственно – особенности проектирования процесса) имеют менее общий характер в том смысле, что важность их в значительной мере зависит от вида обрабатываемой детали и особенностей намечаемой автоматической линии.

Особенности детали определяют возможные способы ее транспортировки между станками и могут выдвигать специфические требования к технологическому процессу.

Наиболее простыми в этом отношении являются мелкие детали, загрузка которых возможна с помощью бункерных ориентирующих устройств и небольшие детали, допускающие применение магазинных загрузочных устройств. Небольшая масса таких деталей не накладывает особых ограничений на способ их транспортировки между станками (загрузочными устройствами) и соответственно – на технологический процесс. Такие линии составляют большую часть автоматических линий, создаваемых самим заводом на базе имеющегося у него оборудования или на базе уже действующей поточной, но не автоматизированной линии станков. В основном, это линии деталей, в технологических процессах которых доминируют операции, требующие вращения детали (детали типа тел вращения и соответствующие станки).

С увеличением массы деталей автоматизация их загрузки и транспортировки усложняется. Загрузочное устройство превращается в крупную и сложную специальную конструкцию – манипулятор. Транспортировка деталей с помощью подъемников и последующих желобов или склизов, по которым детали могут перемещаться под действием собственного веса, все более усложняется. Возникает необходимость транспортировать детали не только в одном определенном положении (ориентированная транспортировка), но и делать это, не допуская вредных взаимных ударов деталей. Все эти обстоятельства приводят к применению в качестве транспортного средства единого для всех станков горизонтального конвейера, на котором каждой детали отведено свое место.

В компоновках таких линии имеются особенности, важные для проектирования технологического процесса. **В этом отношении компоновки можно разделить на два вида:**

1) транспортирующее устройство проходит около линии станков и детали передаются в рабочие зоны с помощью манипуляторов;

2) транспортирующее устройство проходит через рабочие зоны станков.

Первая компоновка более характерна для линии таких деталей, которые требуют вращения при обработке. Прежде всего – это детали типа валов (установочные базы – центровые гнезда). При такой компоновке конструкция транспортирующего и загрузочных устройств мало связана с конструкцией основного оборудования, что допускает широкое использование в линии серийно выпускаемых станков (автоматизированных токарных общего назначения, многолезцовых и т. п.). При этом влияние компоновки линии на проектирование технологического процесса почти отсутствует.

Вторая компоновка характерна для линий таких деталей, обработка которых возможна без вращения детали. Прежде всего – это детали типа корпусов. Такие детали требуют обработки с нескольких сторон и отличаются многочисленностью различно расположенных обрабатываемых поверхностей, что оправдывает широкое использование в линии специальных агрегатных станков. Это обстоятельство тесно связывает проектирование линии с проектированием технологического процесса. Крайним выражением этой связи является передача проектирования технологического процесса предприятию, выполняющему заказ на постройку линии.

В таких условиях указанные ранее два общих требования к технологическому процессу (в каждой операции не более одной установки, в каждом переходе не более одного прохода) приобретают более конкретный характер и к ним добавляются новые требования особенно важные в этих условиях.

В связи с трудностями перекладывания детали приходится придерживаться принципа постоянства установочных баз детали. Обычно в качестве таких баз у корпусной детали используют одну из плоскостей и два отверстия из числа выходящих на эту плоскость, что все поверхности детали, которые на рабочем чертеже детали координированы не от этой базы будут обрабатываться в условиях несомещения баз. Для избежания брака вследствие возникающих при этом погрешностей от несомещения баз может требоваться ужесточение допусков (по сравнению с чертежными) для многих координат. Поэтому лучше всего, если необходимость в постоянных базах будет учтена уже при разработке рабочего чертежа детали.

При отсутствии у детали поверхностей, могущих служить хорошими постоянными базами, такие поверхности создают специально (вспомогательные установочные базы). В связи с этим надо упомянуть также, что в некоторых случаях (это характерно не для крупных корпусных деталей, а для небольших деталей сложной формы) оказывается целесообразным транспортировать детали вместе с приспособлениями, в которых они установлены и закреплены (так называемые приспособления-спутники, корпус которых играет роль искусственных установочных баз).

Возможность использования специальных станков дает соответственную свободу технологу (не операция проектируется для станка, а станок для операции). В частности, в процессах обработки корпусных деталей появляется возможность большой параллельной концентрации операций (многосторонние и многошпиндельные станки). Однако, прежде всего для этой цели нужно в должной мере использовать возможности комбинированного инструмента (ступенчатые сверла, зенкеры и т.п.) и многоместных приспособлений для инструментов (державки, многошпиндельные головки). Это поможет использованию в линии более простых станков для многопереходных операций и может уменьшить количество потребных операций (станков).

На всех автоматических линиях режимы резания должны быть менее напряженными, чем на линиях неавтоматизированных, чтобы они обеспечивали достаточно высокую стойкость режущих инструментов.

4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объём (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1.	1	Исследование влияния погрешностей предшествующей обработки на точность выполняемой операции	14	-
2.	2	Исследование точности настройки токарно-винторезного станка в зависимости от метода настройки	14	-
3.	3	Статистическое исследование точности механической обработки	14	-
ИТОГО			42	-

4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объём (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1.	1	Разработка маршрутного технологического процесса изготовления валов	2	-
2.	2	Разработка маршрутного технологического процесса изготовления втулок и фланцев	4	-
3.	3	Разработка маршрутного технологического процесса изготовления корпусных деталей	4	-
4.	3	Разработка маршрутного технологического процесса изготовления зубчатых колес	2	-
5.	4	Разработка маршрутного технологического процесса изготовления рычагов	2	-
ИТОГО			14	-

4.5. Контрольные мероприятия: Курсовой проект

Курсовой проекта относится к индивидуальному заданию, которое рассматривается как самостоятельный вид письменной работы. Рекомендуемый объем индивидуального задания по дисциплине «Технология машиностроения» – 30...50 страниц машинописного текста формата А4.

Индивидуальное задание выполняется с целью закрепления знаний в решении конкретных задач по разработке маршрутного и операционного технологического процессов изготовления, обработки или сборки конкретного изделия.

Тематика индивидуальных заданий включает в себя классификацию и последовательность проектирования маршрутного и операционного технологического процессов изготовления изделия, выбор и назначение режущего инструмента, оснастки и оборудования, а также оценку эффективности предлагаемого метода получения заготовки.

Выдача задания, прием курсовых проектов (КП) проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

Оценка	Критерии оценки Курсового проекта
отлично	Курсовой проект оформлен в соответствии с требованиями, содержание полностью соответствует заявленной тематике. Тема индивидуального задания исчерпывающе раскрыта и даны соответствующие выводы и рекомендации. Автор свободно ориентируется в предоставляемом материале.
хорошо	Курсовой проект оформлен с незначительными отклонениями от предъявленных требований, содержание соответствует заявленной тематике. Тема индивидуального задания полностью раскрыта и даны соответствующие выводы и рекомендации. Автор ориентируется в предоставляемом материале.
удовлетворительно	Курсовой проект оформлен с отклонениями от предъявленных требований, содержание частично соответствует заявленной тематике. Тема индивидуального задания частично раскрыта и даны неполные выводы и рекомендации. Автор слабо ориентируется в предоставляемом материале.
неудовлетворительно	Курсовой проект оформлен со значительными отклонениями от предъявленных требований, содержание не соответствует заявленной тематике. Тема индивидуального задания не раскрыта. Автор не владеет предоставляемым материалом.

5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп.</i>	<i>t_{ср}, час</i>	<i>Вид учебных за- нятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ОПК</i>	<i>ПК</i>				
		<i>5</i>	<i>20</i>				
1. Технология изготовления валов	38	+	+	2	19,0	Лк, ЛР, ПЗ, СР	Экзамен, КП
2. Технология изготовления втулок и фланцев	38	+	+	2	19,0	Лк, ЛР, ПЗ, СР	Экзамен, КП
3. Технология изготовления корпусных деталей и зубчатых колес	53	+	+	2	26,5	Лк, ЛР, ПЗ, СР	Экзамен, КП
4. Технология изготовления рычагов	24	+	+	2	12	Лк, ПЗ, СР	Экзамен, КП
<i>всего часов</i>	153	76,5	76,5	2	76,5		

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Маталин, А.А. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 512с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71755>

- Лабораторная работа № 1. Стр. 26 – 45.
 Лабораторная работа № 2. Стр. 106 – 118.
 Лабораторная работа № 3. Стр. 126 – 136.
 Практическое занятие № 1. Стр. 292 – 306, 319 – 366.
 Практическое занятие № 2. Стр. 292 – 306, 319 – 366.
 Практическое занятие № 3. Стр. 292 – 306, 319 – 366.
 Практическое занятие № 4. Стр. 292 – 306, 319 – 366.
 Практическое занятие № 5. Стр. 292 – 306, 319 – 366.

2. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 320с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/86015>

- Лабораторная работа № 1. Стр. 55, 68, 71.
 Лабораторная работа № 2. Стр. 55, 65, 68.
 Лабораторная работа № 3. Стр. 68, 71.
 Практическое занятие № 1. Стр. 79, 86, 131, 150, 158, 169.
 Практическое занятие № 2. Стр. 79, 86, 131, 150, 158, 184.
 Практическое занятие № 3. Стр. 79, 86, 131, 150, 158, 176.
 Практическое занятие № 4. Стр. 79, 86, 131, 150, 158, 169.
 Практическое занятие № 5. Стр. 79, 86, 131, 150, 158, 176.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование издания	Вид занятия	Кол-во экз. в библ., шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
Основная литература				
1.	Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2016. – 352с. [Электронный ресурс]. URL: http://e.lanbook.com/book/71767	Лк, ЛР, ПЗ, КП, СР	ЭР	1
2.	Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузев, И.А. Кулыгина. – Москва: Бастет, 2011. – 184с.	Лк, ЛР, ПЗ, КП, СР	25	1
Дополнительная литература				
3.	Маталин, А.А. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 512с. [Электронный ресурс]. URL: http://e.lanbook.com/book/71755	Лк, ЛР, ПЗ, КП, СР	ЭР	1
4.	Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 320с. [Электронный ресурс]. URL: http://e.lanbook.com/book/86015	Лк, ЛР, ПЗ, КП, СР	ЭР	1
5.	Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / Л. В. Лебедев [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2015. - 424 с.	КП, СР	7	0,5

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=.
2. Электронная библиотека БрГУ <http://ecat.brstu.ru/catalog> .
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» <http://biblioclub.ru> .
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com> .
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru> .
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ) <https://uisrussia.msu.ru/> .
8. Национальная электронная библиотека НЭБ <http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/> .

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Номер раздела Основные положения раздела, рекомендуемые для СР	Рекомендуемая литература	Форма отчета	Всего часов
1.	1. Технология изготовления валов 1.1. Основные характеристики валов 1.2. Методы обработки наружных цилиндрических поверхностей 1.3. Типовой маршрут изготовления валов	[1], [2], [3], [4], [5]	Экзамен, КП, ЛР №1 ПЗ № 1	16
2.	2. Технология изготовления втулок и фланцев 2.1. Основные характеристики втулок и фланцев 2.2. Методы обработки внутренних цилиндрических поверхностей 2.3. Типовой маршрут изготовления втулок и фланцев	[1], [2], [3], [4], [5]	Экзамен, КП, ЛР № 2 ПЗ № 2	16
3.	3. Технология изготовления корпусных деталей и зубчатых колес 3.1. Основные характеристики корпусных деталей 3.2. Типовой маршрут изготовления корпусных деталей 3.3. Характеристика зубчатых колес 3.4. Типовой маршрут изготовления зубчатых колес	[1], [2], [3], [4], [5]	Экзамен, КП, ЛР № 3 ПЗ № 3...4	21
4.	4. Технология изготовления рычагов 4.1. Основные характеристики рычагов 4.2. Типовой маршрут изготовления рычагов 4.3. Особенности проектирования технологических процессов на станках с ЧПУ и ГПС	[1], [2], [3], [4], [5]	Экзамен, КП, ПЗ № 5	16
ИТОГО				69

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных и практических работ

Лабораторная работа №1 Исследование влияния погрешностей предшествующей обработки на точность выполняемой операции

Цель работы:

Определение погрешностей предшествующих операций обработки на точность выполняемой операции.

Содержание работы

Изучение взаимосвязи погрешностей предыдущих методов обработки и выполняемой операции, определение зависимости коэффициента уменьшения погрешностей от глубины резания, освоение методики расчета предлагаемой погрешности обработки в зависимости от погрешности предыдущей операции.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Выполнить эскиз детали.
4. Определить основные режимы, необходимые для выполнения обработки детали.
5. Определить коэффициент уменьшения погрешностей.
6. Рассчитать жесткость системы.
7. Выполнить обработку детали и измерить полученную погрешность.
8. Проанализировать полученные результаты и составить отчет.

Форма отчётности: отчёт по лабораторной работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения о решаемой задаче, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Лабораторная работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Рекомендуемые источники

1. ГОСТ 25762-83 Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий
2. ГОСТ 14.201-83 Общие правила разработки технологических процессов

Основная литература

1. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2016. – 352с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71767>
2. Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – Москва: Бастет, 2011. – 184с.

Дополнительная литература

3. Маталин, А.А. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 512с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71755>
4. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 320с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/86015>

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Чем вызвана необходимость многопроходной обработки для обеспечения заданной точности?
2. Каковы пути повышения производительности обработки за счет уменьшения количества проходов?

Лабораторная работа № 2 **Исследование точности настройки токарно-винторезного станка** **в зависимости от метода настройки**

Цель работы:

Определение точности настройки токарно-винторезного станка методом пробных проходов и методом автоматического получения размера.

Содержание работы

Освоение методики настройки токарно-винторезного станка по пробным проходам и пробным деталям, определение и исследование факторов, влияющих на точность настройки при различных методах, исследование влияния способа установки режущего инструмента на точность, определение точности настройки при различных методах.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Выполнить эскиз детали.
4. Произвести предварительный замер заготовок.
5. Определить величину рабочего настроечного размера.
6. Настроить станок и произвести обработку.
7. Проанализировать полученные результаты и составить отчет.

Форма отчётности: отчёт по лабораторной работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения о решаемой задаче, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Лабораторная работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Рекомендуемые источники

1. РД 50-635-87 Методические указания. Цепи размерные. Основные понятия. Методы расчета линейных и угловых цепей.
2. ГОСТ 25762-83 Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий

Основная литература

1. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2016. – 352с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71767>
2. Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – Москва: Бастет, 2011. – 184с.

Дополнительная литература

3. Маталин, А.А. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 512с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71755>
4. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 320с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/86015>

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Назовите область применения метода пробных проходов?
2. Назовите факторы, влияющие на точность настройки при методе пробных проходов?

Лабораторная работа № 3 **Статистическое исследование точности механической обработки**

Цель работы:

Освоение статистического метода исследования точности механической обработки с помощью кривых распределения

Содержание работы

Освоение методов статистического определения точности партии деталей после механической обработки. Построение экспериментальной кривой рассеивания размеров измеряемых деталей. Расчет параметров теоретической кривой нормального распределения. Определение процента брака на основании полученных результатов.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Определить режимы обработки.
4. Провести серию измерений образцов деталей.
5. Построить эмпирическую кривую рассеивания размеров деталей.
6. Рассчитать параметры и построить теоретическую кривую нормального распределения размеров деталей.
7. Определить вероятность соответствия экспериментального распределения теоретическому нормальному распределению.
8. Определить процент брака.
9. Проанализировать полученные результаты и составить отчет.

Форма отчётности: отчёт по лабораторной работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения о решаемой задаче, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Лабораторная работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Рекомендуемые источники

1. ГОСТ Р 50779.11-2000 (ИСО 3534.2-93) Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения.

Основная литература

1. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2016. – 352с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71767>
2. Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – Москва: Бастет, 2011. – 184с.

Дополнительная литература

3. Маталин, А.А. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 512с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71755>
4. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 320с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/86015>

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Понятие о методах статистического контроля?
2. Виды кривых распределения размеров при механической обработке?

Практическое занятие № 1

Разработка маршрутного технологического процесса изготовления валов

Цель работы

Получение навыков разработки маршрутного технологического изготовления деталей класса «валы».

Содержание работы

Определение служебного назначения поверхностей, требований к точности размеров, взаимного расположения осей и поверхностей детали. Качественная и количественная оценка технологичности детали. Разработка теоретических схем базирования на каждой операции. Приобретение навыков выбора и назначения последовательности способов обработки, обеспечивающих требуемое качество поверхности. Практическое освоение методики построения и оформления маршрутных карт, применяемых при разработке технологических процессов механической обработки изделий.

Последовательность выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Ознакомиться с чертежом детали. Определить по чертежу:
 - поверхности, линии, оси от которых задано наибольшее количество размеров;
 - назначение поверхностей детали;
 - требования к точности размеров;
 - требования к точности взаимного расположения поверхностей детали.
4. Провести качественную оценку технологичности детали.
5. Провести количественную оценку технологичности.
6. Выполнить эскиз детали и обозначить поверхности, подвергающиеся обработке.
7. Определить последовательность обработки отдельных поверхностей детали.
8. Назначить необходимые операции обработки, выбрать инструмент и оборудование.
9. Определить технологические базы детали для каждой операции обработки.
10. Разработать теоретическую схему и выполнить эскиз базирования.
11. Составить маршрутную карту технологического процесса.
12. Расписать состав и содержание отдельных операций технологического процесса обработки детали.
13. Сделать вывод и оформить отчет.

Форма отчётности: отчёт по практической работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе

Практическая работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Рекомендуемые источники

1. ГОСТ 3.1109-82 ЕСТД. Термины и определения основных понятий
2. ГОСТ 3.1404-86 ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием.
3. ГОСТ 14.201-83 Общие правила разработки технологических процессов
4. ГОСТ 21495-76 Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения.
5. ГОСТ 3.1118-82 ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутных карт
6. ГОСТ 3.1129-93. Единая система технологической документации. Общие правила записи технологической информации в технологических документах на технологические процессы и операции.

Основная литература

1. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2016. – 352с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71767>
2. Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – Москва: Бастет, 2011. – 184с.

Дополнительная литература

3. Маталин, А.А. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 512с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71755>
4. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 320с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/86015>

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Перечислите правила выбора черновых и чистовых баз при обработке?

2. Основные требования оформления маршрутных карт?
3. Особенности маршрутного технологического процесса изготовления деталей тип «вал»?

Практическое занятие № 2

Разработка маршрутного технологического процесса изготовления втулок и фланцев

Цель работы

Получение навыков разработки маршрутного технологического изготовления деталей класса «втулки» и «фланцы».

Содержание работы

Определение служебного назначения поверхностей, требований к точности размеров, взаимного расположения осей и поверхностей детали. Качественная и количественная оценка технологичности детали. Разработка теоретических схем базирования на каждой операции. Приобретение навыков выбора и назначения последовательности способов обработки, обеспечивающих требуемое качество поверхности. Практическое освоение методики построения и оформления маршрутных карт, применяемых при разработке технологических процессов механической обработки изделий.

Последовательность выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Ознакомиться с чертежом детали. Определить по чертежу:
 - поверхности, линии, оси от которых задано наибольшее количество размеров;
 - назначение поверхностей детали;
 - требования к точности размеров;
 - требования к точности взаимного расположения поверхностей детали.
4. Провести качественную оценку технологичности детали.
5. Провести количественную оценку технологичности.
6. Выполнить эскиз детали и обозначить поверхности, подвергающиеся обработке.
7. Определить последовательность обработки отдельных поверхностей детали.
8. Назначить необходимые операции обработки, выбрать инструмент и оборудование.
9. Определить технологические базы детали для каждой операции обработки.
10. Разработать теоретическую схему и выполнить эскиз базирования.
11. Составить маршрутную карту технологического процесса.
12. Расписать состав и содержание отдельных операций технологического процесса обработки детали.
13. Сделать вывод и оформить отчёт.

Форма отчётности: отчёт по практической работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе

Практическая работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Рекомендуемые источники

1. ГОСТ 3.1109-82 ЕСТД. Термины и определения основных понятий
2. ГОСТ 3.1404-86 ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием.
3. ГОСТ 14.201-83 Общие правила разработки технологических процессов
4. ГОСТ 21495-76 Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения.
5. ГОСТ 3.1118-82 ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутных карт
6. ГОСТ 3.1129-93. Единая система технологической документации. Общие правила записи технологической информации в технологических документах на технологические процессы и операции.

Основная литература

1. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2016. – 352с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71767>
2. Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – Москва: Бастет, 2011. – 184с.

Дополнительная литература

3. Маталин, А.А. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 512с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71755>
4. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 320с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/86015>

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Перечислите правила выбора черновых и чистовых баз при обработке втулок и фланцев?
2. Основные требования оформления маршрутных карт?
3. Особенности маршрутного технологического процесса изготовления деталей «втулка» и «фланец»?

Практическое занятие № 3

Разработка маршрутного технологического процесса изготовления корпусных деталей

Цель работы

Получение навыков разработки маршрутного технологического изготовления корпусных деталей.

Содержание работы

Определение служебного назначения поверхностей, требований к точности размеров, взаимного расположения осей и поверхностей детали. Качественная и количественная оценка технологичности детали. Разработка теоретических схем базирования на каждой операции. Приобретение навыков выбора и назначения последовательности способов обработки, обеспечивающих требуемое качество поверхности. Практическое освоение методики построения и оформления маршрутных карт, применяемых при разработке технологических процессов механической обработки изделий.

Последовательность выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Ознакомиться с чертежом детали. Определить по чертежу:
 - поверхности, линии, оси от которых задано наибольшее количество размеров;
 - назначение поверхностей детали;
 - требования к точности размеров;
 - требования к точности взаимного расположения поверхностей детали.
4. Провести качественную оценку технологичности детали.
5. Провести количественную оценку технологичности.
6. Выполнить эскиз детали и обозначить поверхности, подвергающиеся обработке.
7. Определить последовательность обработки отдельных поверхностей детали.
8. Назначить необходимые операции обработки, выбрать инструмент и оборудование.
9. Определить технологические базы детали для каждой операции обработки.
10. Разработать теоретическую схему и выполнить эскиз базирования.
11. Составить маршрутную карту технологического процесса.
12. Расписать состав и содержание отдельных операций технологического процесса обработки детали.
13. Сделать вывод и оформить отчет.

Форма отчётности: отчет по практической работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе

Практическая работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Рекомендуемые источники

1. ГОСТ 3.1109-82 ЕСТД. Термины и определения основных понятий
2. ГОСТ 3.1404-86 ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием.
3. ГОСТ 14.201-83 Общие правила разработки технологических процессов
4. ГОСТ 21495-76 Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения.
5. ГОСТ 3.1118-82 ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутных карт
6. ГОСТ 3.1129-93. Единая система технологической документации. Общие правила записи технологической информации в технологических документах на технологические процессы и операции.

Основная литература

1. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2016. – 352с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71767>
2. Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузев, И.А. Кулыгина. – Москва: Бастет, 2011. – 184с.

Дополнительная литература

3. Маталин, А.А. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 512с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71755>
4. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 320с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/86015>

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Перечислите правила выбора черновых и чистовых баз при обработке корпусных деталей?
2. Основные требования оформления маршрутных карт?
3. Особенности маршрутного технологического процесса изготовления корпусных деталей?

Практическое занятие № 4

Разработка маршрутного технологического процесса изготовления зубчатых колес

Цель работы

Получение навыков разработки маршрутного технологического изготовления зубчатых колес.

Содержание работы

Определение служебного назначения поверхностей, требований к точности размеров, взаимного расположения осей и поверхностей детали. Качественная и количественная оценка технологичности детали. Разработка теоретических схем базирования на каждой операции. Приобретение навыков выбора и назначения последовательности способов обработки, обеспечивающих требуемое качество поверхности. Практическое освоение методики построения и оформления маршрутных карт, применяемых при разработке технологических процессов механической обработки изделий.

Последовательность выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Ознакомиться с чертежом детали. Определить по чертежу:
 - поверхности, линии, оси от которых задано наибольшее количество размеров;
 - назначение поверхностей детали;
 - требования к точности размеров;
 - требования к точности взаимного расположения поверхностей детали.
4. Провести качественную оценку технологичности детали.
5. Провести количественную оценку технологичности.
6. Выполнить эскиз детали и обозначить поверхности, подвергающиеся обработке.
7. Определить последовательность обработки отдельных поверхностей детали.
8. Назначить необходимые операции обработки, выбрать инструмент и оборудование.
9. Определить технологические базы детали для каждой операции обработки.
10. Разработать теоретическую схему и выполнить эскиз базирования.

11. Составить маршрутную карту технологического процесса.
12. Расписать состав и содержание отдельных операций технологического процесса обработки детали.
13. Сделать вывод и оформить отчёт.

Форма отчётности: отчёт по практической работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе

Практическая работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Рекомендуемые источники

1. ГОСТ 3.1109-82 ЕСТД. Термины и определения основных понятий
2. ГОСТ 3.1404-86 ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием.
3. ГОСТ 14.201-83 Общие правила разработки технологических процессов
4. ГОСТ 21495-76 Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения.
5. ГОСТ 3.1118-82 ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутных карт
6. ГОСТ 3.1129-93. Единая система технологической документации. Общие правила записи технологической информации в технологических документах на технологические процессы и операции.

Основная литература

1. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2016. – 352с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71767>
2. Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – Москва: Бастет, 2011. – 184с.

Дополнительная литература

3. Маталин, А.А. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 512с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71755>
4. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 320с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/86015>

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Перечислите правила выбора черновых и чистовых баз при обработке зубчатых колес?
2. Основные требования оформления маршрутных карт?
3. Особенности маршрутного технологического процесса изготовления зубчатых колес?

Практическое занятие № 5

Разработка маршрутного технологического процесса изготовления рычагов

Цель работы

Получение навыков разработки маршрутного технологического изготовления деталей класса «рычаги».

Содержание работы

Определение служебного назначения поверхностей, требований к точности размеров, взаимного расположения осей и поверхностей детали. Качественная и количественная оценка технологичности детали. Разработка теоретических схем базирования на каждой операции. Приобретение навыков выбора и назначения последовательности способов обработки, обеспечивающих требуемое качество поверхности. Практическое освоение методики построения и оформления маршрутных карт, применяемых при разработке технологических процессов механической обработки изделий.

Последовательность выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Получить индивидуальное задание.
3. Ознакомиться с чертежом детали. Определить по чертежу:
 - поверхности, линии, оси от которых задано наибольшее количество размеров;
 - назначение поверхностей детали;
 - требования к точности размеров;
 - требования к точности взаимного расположения поверхностей детали.
4. Провести качественную оценку технологичности детали.
5. Провести количественную оценку технологичности.
6. Выполнить эскиз детали и обозначить поверхности, подвергающиеся обработке.
7. Определить последовательность обработки отдельных поверхностей детали.
8. Назначить необходимые операции обработки, выбрать инструмент и оборудование.
9. Определить технологические базы детали для каждой операции обработки.
10. Разработать теоретическую схему и выполнить эскиз базирования.
11. Составить маршрутную карту технологического процесса.
12. Расписать состав и содержание отдельных операций технологического процесса обработки детали.
13. Сделать вывод и оформить отчёт.

Форма отчётности: отчёт по практической работе должен содержать: цель работы, краткие теоретические сведения, описание работы в соответствии с порядком ее выполнения, выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе

Практическая работа выполняется в соответствии с информацией, полученной на лекционном курсе, а также собранной студентом самостоятельно из предложенных источников. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Рекомендуемые источники

1. ГОСТ 3.1109-82 ЕСТД. Термины и определения основных понятий
2. ГОСТ 3.1404-86 ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием.
3. ГОСТ 14.201-83 Общие правила разработки технологических процессов

4. ГОСТ 21495-76 Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения.
5. ГОСТ 3.1118-82 ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутных карт
6. ГОСТ 3.1129-93. Единая система технологической документации. Общие правила записи технологической информации в технологических документах на технологические процессы и операции.

Основная литература

1. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2016. – 352с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71767>
2. Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – Москва: Бастет, 2011. – 184с.

Дополнительная литература

3. Маталин, А.А. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 512с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/71755>
4. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2016. – 320с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/book/86015>

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Перечислите правила выбора черновых и чистовых баз при обработке рычагов?
2. Основные требования оформления маршрутных карт?
3. Особенности маршрутного технологического процесса изготовления рычагов?

9.2. Методические указания по выполнению курсового проекта

К выполнению курсового проекта предъявляются следующие требования:

1. Структура пояснительной записки

1. Введение
 2. Технологический анализ чертежа
 - 2.1. Общая информация о детали
 - 2.2. Анализ поверхностей детали и технических требований, способ их достижения
 - 2.3. Показатели технологичности детали. Общее заключение
 3. Определение типа производства и организационной формы производства
 - 3.1. Определение штучно-калькуляционного времени
 - 3.2. Определение КЗО
 - 3.3. Выбор организационной формы производства
 4. Выбор метода получения заготовок
 - 4.1. Сравнительный анализ двух наиболее рациональных методов получения заготовок
 - 4.2. Экономическое обоснование целесообразности выбранного метода
 5. Разработка маршрутного технологического процесса
 - 5.1. Разработка маршрута обработки поверхностей детали
 - 5.2. Обоснование перечня и последовательности операций ТП
 - 5.3. Разработка плана операций ТП, выбор оборудования, приспособлений, режущего, вспомогательного и мерительного инструментов
 - 5.4. Выбор варианта технологического маршрута и его обоснование по минимуму приведенных затрат
 - 5.5. Окончательная запись ТП
 6. Разработка операционного технологического процесса
 - 6.1. Выбор технологических баз и назначение операционных размеров
 - 6.2. Расчет диаметральных операционных размеров, назначение припусков на обработку
 - 6.3. Расчет режимов резания и основного технологического времени
 - 6.4. Нормирование технологического процесса
 - 6.5. Определение необходимости количества оборудования и его загрузки
 - 6.6. Построение диаграмм загрузки оборудования
- Заключение
Список использованной литературы
Приложения

2. Требования к оформлению курсовой работы:

- курсовую работу оформляют на листах формата А4 (210х297мм), текст печатается на одной стороне листа через полтора интервала;
 - параметры шрифта: гарнитура шрифта – Times New Roman, начертание – обычный, кегль шрифта – 14 пунктов, цвет текста – авто (черный);
 - параметры абзаца: выравнивание текста – по ширине страницы, отступ первой строки – 1,5 мм., межстрочный интервал – полуторный;
 - поля страницы для титульного листа: верхнее и нижнее поля – 20 мм, правое и левое поля – 15 мм
 - поля всех остальных страниц: верхнее и нижнее поля – 20 мм, размер левого поля 30 мм, правого – 15 мм.
- Пояснительная записка должна содержать 30...50 страниц.
- Графическая часть работы включает:
- чертеж детали (формат А4 или А3);
 - чертеж заготовки (формат А4 или А3);
 - Операционные эскизы (формат А4 или А3).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Информационно-коммуникативные технологии (ИКТ) используются для:

- получения информации при подготовке к занятиям;
- создания презентационного сопровождения занятий;
- работы в электронной информационной среде.

Стандартное лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Imagine Premium: Microsoft Windows Professional 7.
2. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level.
3. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.
4. КОМПАС-3D V13
5. Adobe Reader.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ Лк, ЛР, ПЗ</i>
Лк	Лекционная / семинарская аудитория	Учебная мебель	-
ЛР	Лаборатория Технологии машиностроения	Учебная мебель; Токарно-винторезный станок 1К62	ЛР № 1...3
ПЗ	Лекционная / семинарская аудитория	Учебная мебель	-
КП	Читальный зал № 1	Учебная мебель; 10 ПК i5-2500/Н67/4Gb (монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	-
СР	Читальный зал № 1	Учебная мебель; 10 ПК i5-2500/Н67/4Gb (монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-5	способность участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью.	1. Технология изготовления валов. 2. Технология изготовления втулок и фланцев.	1.1. Основные характеристики валов. 1.2. Методы обработки наружных цилиндрических поверхностей. 1.3. Типовой маршрут изготовления валов. 2.1. Основные характеристики втулок и фланцев.	Экзаменационные вопросы
ПК-20	способностью разрабатывать планы, программы и методики, другие тестовые документы, входящие в состав конструкторской, технологической и эксплуатационной документации, осуществлять контроль за соблюдением технологической дисциплины, экологической безопасности машиностроительных производств.	3. Технология изготовления корпусных деталей и зубчатых колес. 4. Технология изготовления рычагов.	2.2. Методы обработки внутренних цилиндрических поверхностей. 2.3. Типовой маршрут изготовления втулок и фланцев. 3.1. Основные характеристики корпусных деталей. 3.2. Типовой маршрут изготовления корпусных деталей. 3.3. Характеристика зубчатых колес. 3.4. Типовой маршрут изготовления зубчатых колес. 4.1. Основные характеристики рычагов. 4.2. Типовой маршрут изготовления рычагов. 4.3. Особенности проектирования технологических процессов на станках с ЧПУ и ГПС.	

2. Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1.	ОПК-5	способность участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью.	1. Основные характеристики валов. 2. Методы обработки наружных цилиндрических поверхностей. 3. Типовой маршрут изготовления валов. 4. Основные характеристики втулок и фланцев. 5. Методы обработки внутренних цилиндрических поверхностей. 6. Типовой маршрут изготовления втулок и фланцев. 7. Основные характеристики корпусных деталей.	1. Технология изготовления валов. 2. Технология изготовления втулок и фланцев. 3. Технология изготовления корпусных деталей и зубчатых колес. 4. Технология изготовления рычагов.
2.	ПК-20	способностью разрабатывать планы, программы и методики, другие тестовые документы, входящие в состав конструкторской, технологической и эксплуатационной документации, осуществлять контроль за соблюдением технологической дисциплины, экологической безопасности машиностроительных производств.	8. Типовой маршрут изготовления корпусных деталей. 9. Характеристика зубчатых колес. 10. Типовой маршрут изготовления зубчатых колес. 11. Основные характеристики рычагов. 12. Типовой маршрут изготовления рычагов. 13. Особенности проектирования технологических процессов на станках с ЧПУ и ГПС.	

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать <i>ОПК-5</i> - методы разработки технологической документации; <i>ПК-20</i> - методы разработки планов, программ и других тестовых документов, входящих в состав конструкторской, технологической и эксплуатационной документации;</p> <p>Уметь <i>ОПК-5</i> - разрабатывать технологическую документацию; <i>ПК-20</i> - осуществлять контроль за соблюдением технологической дисциплины, экологической безопасности машиностроительных производств;</p> <p>Владеть <i>ОПК-5</i> - навыками разработки технологической документации, связанной с профессиональной деятельностью. <i>ПК-20</i> - навыками разработки планов, программ и других тестовых документов, входящих в состав конструкторской, технологической и эксплуатационной документации.</p>	отлично	<ul style="list-style-type: none"> - даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы; - ответы изложены грамотно, уверенно, логично, последовательно; - опираясь на усвоенные знания, четко увязывает научные положения с практической деятельностью; - свободно владеет основными понятиями дисциплины.
	хорошо	<ul style="list-style-type: none"> - даны полные, достаточно обоснованные ответы на поставленные вопросы; - твердо усвоил тему, грамотно и по существу излагает ее, опираясь на полученные знания; - не допускает существенных неточностей; - увязывает усвоенные знания с практической деятельностью; - владеет системой основных понятий дисциплины.
	удовлетворительно	<ul style="list-style-type: none"> - даны в основном правильные ответы на все поставленные вопросы, но без достаточного обоснования; - допускает несущественные ошибки и неточности; - испытывает затруднения в практическом применении полученных знаний; - слабо аргументирует научные положения; - частично владеет системой основных понятий дисциплины.
	не удовлетворительно	<ul style="list-style-type: none"> - допускает существенные ошибки и неточности при ответе на поставленные вопросы; - испытывает трудности в практическом применении полученных знаний; - не может аргументировать научные положения; - не владеет системой основных понятий дисциплины.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина «Технология машиностроения» направлена на изучение методов совершенствования технологий, систем и средств машиностроительных производств, формирование навыков разработки и внедрения оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий, выполнения мероприятий по выбору и эффективному использованию материалов, оборудования, инструментов, технологической оснастки, средств диагностики, автоматизации, алгоритмов и программ для реализации технологических процессов. Процесс прохождения дисциплины включает изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта в области проектирования технологических процессов изготовления, обработки и сборки изделий в производственных условиях для решения задач, связанных с разработкой технологической документации, планов, программ и других текстовых документов, входящих в состав конструкторской, технологической и эксплуатационной документации.

Изучение дисциплины «Технология машиностроения» предусматривает:

- лекции;
- лабораторные работы;

- практические занятия;
- курсовой проект;
- самостоятельную работу;
- экзамен.

В ходе освоения раздела 1 «Технология изготовления валов» студенты должны уяснить основные характеристики и методы обработки деталей класса «вал», а также последовательность проектирования маршрутной технологии изготовления валов

В ходе освоения раздела 2 «Технология изготовления втулок и фланцев» студенты должны раскрыть основные характеристики втулок и фланцев, ознакомиться с методами их обработки и уяснить особенности проектирования маршрутной технологии изготовления деталей класса «втулки» и «фланцы»

В ходе освоения раздела 3 «Технология изготовления корпусных деталей и зубчатых колес» студенты должны ознакомиться с методами обработки корпусных деталей и зубчатых колес, уяснить их основные характеристики и научиться разрабатывать маршрутную технологию изготовления.

В ходе освоения раздела 4 «Технология изготовления рычагов» студенты должны раскрыть основные характеристики рычагов, ознакомиться с методами их обработки и научиться разрабатывать маршрутную технологию изготовления деталей класса «рычаги», а также уяснить особенности проектирования технологических процессов на станках с ЧПУ и ГПС.

Необходимо овладеть умениями разрабатывать технологическую документацию и осуществлять контроль за соблюдением технологической дисциплины, экологической безопасности машиностроительных производств. Получить навыки разработки технологической документации, связанной с профессиональной деятельностью, планов, программ и других текстовых документов, входящих в состав конструкторской, технологической и эксплуатационной документации.

В процессе изучения дисциплины рекомендуется обратить внимание на особенности разработки маршрутных и операционных процессов изготовления изделий с применением современного оборудования с числовым программным управлением, а также на возможности прогрессивных технологий.

Овладение ключевыми понятиями является необходимым для корректного оперирования общепринятыми терминами при подготовке выпускной квалификационной работы.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить вопросам классификации изделий в машиностроении, выбора наиболее рационального маршрутного и технологического процессов изготовления валов, втулок, фланцев, корпусных деталей, зубчатых колес и рычагов, а также особенностям проектирования технологических процессов на станках с ЧПУ и ГПС.

При оформлении курсового проекта следует придерживаться рекомендованной последовательности выполнения и структуры индивидуального задания для закрепления знаний в решении конкретных задач проектирования маршрутных и операционных технологических процессов изготовления изделий в машиностроении.

В процессе проведения лабораторных работ, практических занятий, происходит закрепление знаний методов разработки технологической документации, планов, программ и других текстовых документов, входящих в состав конструкторской, технологической и эксплуатационной документации, формирование умений разработки технологической документации и осуществлять контроль за соблюдением технологической дисциплины, экологической безопасности машиностроительных производств.

Самостоятельную работу необходимо начинать с ознакомления с предложенной основной и дополнительной литературой для последующего рассмотрения вопросов, связанных с проектированием технологических процессов.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий в интерактивной, активной, инновационной формах с дискуссией в сочетании с внеаудиторной работой.

АННОТАЦИЯ рабочей программы дисциплины Технология машиностроения

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является – формирование знаний и навыков по совершенствованию технологий, систем и средств технологического оснащения машиностроительных производств, а также по разработке и внедрению оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий с эффективным использованием материалов, оборудования, инструментов, технологической оснастки, средств диагностики, автоматизации, алгоритмов и программ для реализации технологических процессов.

Задачами изучения дисциплины является:

- изучение методов разработки планов, программ и других тестовых документов, входящих в состав конструкторской, технологической и эксплуатационной документации;
- формирование навыков разработки планов, программ и других тестовых документов, входящих в состав конструкторской, технологической и эксплуатационной документации, связанной с профессиональной деятельностью;
- решение задач по контролю за соблюдением технологической дисциплины, экологической безопасности машиностроительных производств.

2. Структура дисциплины

2.1. Распределение трудоёмкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: лекции – 28 часов; лабораторные работы – 42 часа; практические занятия – 14 часов; самостоятельная работа – 69 часов.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 180 часов, 5 зачетных единиц.

2.2. Основные разделы дисциплины:

1. Технология изготовления валов.
2. Технология изготовления втулок и фланцев.
3. Технология изготовления корпусных деталей и зубчатых колес.
4. Технология изготовления рычагов.

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-5 – способность участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью;

ПК-20 – способность разрабатывать планы, программы и методики, другие тестовые документы, входящие в состав конструкторской, технологической и эксплуатационной документации, осуществлять контроль за соблюдением технологической дисциплины, экологической безопасности машиностроительных производств.

4. Вид промежуточной аттестации: Экзамен, КП.

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе
на 20__-20__ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

Протокол заседания кафедры № _____ от «___» _____ 20__ г.,
(разработчик)

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

(Ф.И.О.)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-5	способность участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью.	1. Технология изготовления валов. 2. Технология изготовления втулок и фланцев. 3. Технология изготовления корпусных деталей и зубчатых колес.	1.1. Основные характеристики валов. 1.2. Методы обработки наружных цилиндрических поверхностей. 1.3. Типовой маршрут изготовления валов. 2.1. Основные характеристики втулок и фланцев. 2.2. Методы обработки внутренних цилиндрических поверхностей. 2.3. Типовой маршрут изготовления втулок и фланцев.	Отчет по ЛР 1...3 Отчет к ПЗ 1...5 Защита КП
ПК-20	способность разрабатывать планы, программы и методики, другие тестовые документы, входящие в состав конструкторской, технологической и эксплуатационной документации, осуществлять контроль за соблюдением технологической дисциплины, экологической безопасности машиностроительных производств.	4. Технология изготовления рычагов.	3.1. Основные характеристики корпусных деталей. 3.2. Типовой маршрут изготовления корпусных деталей. 3.3. Характеристика зубчатых колес. 3.4. Типовой маршрут изготовления зубчатых колес. 4.1. Основные характеристики рычагов. 4.2. Типовой маршрут изготовления рычагов. 4.3. Особенности проектирования технологических процессов на станках с ЧПУ и ГПС.	

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
Знать ОПК-5 - методы разработки технологической документации; ПК-20 - методы разработки планов, программ и других тестовых документов, входящих в состав конструкторской, технологической и эксплуатационной документации; Уметь ОПК-5 - разрабатывать технологическую документацию; ПК-20 - осуществлять контроль за соблюдением технологической дисциплины, экологической безопасности машиностроительных производств; Владеть ОПК-5 - навыками разработки технологической документации, связанной с профессиональной деятельностью. ПК-20 - навыками разработки планов, программ и других тестовых документов, входящих в состав конструкторской, технологической и эксплуатационной документации.	зачтено	- даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы; - ответы изложены грамотно, уверенно, логично, последовательно; - опираясь на усвоенные знания, четко увязывает научные положения с практической деятельностью; - свободно владеет основными понятиями дисциплины.
	не зачтено	- допускает существенные ошибки и неточности при ответе на поставленные вопросы; - испытывает трудности в практическом применении полученных знаний; - не может аргументировать научные положения; - не владеет системой основных понятий дисциплины.

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств от 11 августа 2016 г № 1000

для набора 2015 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «03» июля 2018г. № 413,

для набора 2016 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» октября 2016 г. № 684,

для набора 2017 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» марта 2017 г. № 125,

для набора 2018 года и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» марта 2018г. № 130.

Программу составил:

Архипов П.В., доцент кафедры МиТ, канд. техн. наук. _____

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры МиТ от «11» декабря 2018 г., протокол № 6

И.о. заведующего кафедрой МиТ _____ Е.А. Слепенко

СОГЛАСОВАНО:

И.о. заведующего выпускающей кафедрой МиТ _____ Е.А. Слепенко

Директор библиотеки _____ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией факультета МФ от «14» декабря 2018 г., протокол № 4

Председатель методической комиссии факультета МФ _____ Г.Н. Плеханов

СОГЛАСОВАНО:

Начальник учебно-методического управления _____ Г.П. Нежевец

Регистрационный № _____