

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА

ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
ДЕТАЛЕЙ

Самара 2003г.

Министерство образования Российской Федерации

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА

ТЕХНОЛОГИЯ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
ДЕТАЛЕЙ

Учебное пособие

Самара 2003г.

УДК 621.9.(075)

Авторы-составители: А.Д. Комаров, И.Н. Желтов, В.К. Моисеев, В.В. Шалавин,

А.А. Шаров

Технология механической обработки деталей: Учеб. пособие/А.Д. Комаров, И.Н. Желтов, В.К. Моисеев, В.В. Шалавин, А.А. Шаров. Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2003. __с.

JSBN 5-230-16858-7

В учебном пособии приведены подробные рекомендации по разработке технологического процесса механической обработки деталей на универсальных станках и станках с числовым программным управлением. Уделено внимание вопросам технологичности, стандартизации и унификации.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся на очном и заочном отделениях по специальностям 130100, 130600, 072000, 340100 и выполняющих курсовой проект по курсам «Технология механической обработки» и «Технология и оборудование машиностроительного производства». Выполнено на кафедре производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении.

Табл. 10. Ил. 3. Библиогр. 64 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева.

Рецензенты: _____

JSBN 5-230-16858-7

© Самарский государственный
аэрокосмический университет
2003

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Предисловие	5
1. Структура и содержание курсового проекта	6
1.1. Цель курсового проекта, связь с другими дисциплинами	6
1.2. Задание на курсовой проект	7
1.3. Содержание и объем курсового проекта	7
2. Методические указания по разработке технологического процесса изготовления детали	13
2.1. Назначение и краткое техническое описание детали	13
2.2. Конструктивно-технологический анализ детали	15
2.3. Выбор вида и определение размеров заготовки	18
2.4. Разработка маршрутного технологического процесса	24
2.5. Разработка операционного технологического процесса	34
Библиографический список	50

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методическое пособие содержит основные сведения о составе курсового проекта и указания по его разработке, знакомит с характером требований, предъявляемых к курсовому проекту, последовательностью разработки его разделов, необходимой глубиной проработки каждого из них, объемами выполняемых технологических и конструкторских расчетов.

Разработка технологических процессов изготовления деталей и проектирование технологической оснастки, выполняемые при курсовом проектировании, являются самостоятельной творческой работой студента. Методическое пособие должно внести планомерность в работу, свести к минимуму непроизводительные затраты времени, исключить элементы шаблонности и формализма в работе над проектом, стимулировать творческий подход к выполнению задания.

Вместе с тем методическое пособие должно оказать помощь и руководителям курсового проекта в подготовке к занятиям со студентами, в оценке выполняемых ими работ и установить необходимое единообразие в руководстве и требованиях к проектам.

1. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1.1. Цель курсового проекта. Связь с другими дисциплинами.

Основной целью курсового проекта является привитие студенту практических навыков самостоятельного решения частных инженерных задач в области разработки технологических процессов механической обработки и проектирования специальных станочных приспособлений.

Проект в известной мере подытоживает знания, полученные студентами при изучении ряда специальных дисциплин, и подготавливает их к предстоящей преддипломной практике и дипломному проектированию.

В процессе работы над курсовым проектом обнаруживается степень усвоения студентами курса «Технология металлообработки», «Теоретическая механика», «Сопротивление материалов», «Основы конструирования машин», «Физико-химические основы технологии», а также их способность применять теоретические положения указанных дисциплин и сведения, полученные на первой производственной практике, для практического решения конкретных задач, предусмотренных заданием на курсовое проектирование.

Студент должен уметь использовать прогрессивные процессы, современные достижения науки и техники в области механической обработки, обосновывать целесообразность их применения в данных конкретных условиях, грамотно выполнять необходимые расчеты, четко и

логично формулировать свои мысли и предложения /1/.

В процессе работы над курсовым проектом студент вырабатывает необходимые навыки пользования учебной специальной техникой и справочной литературой, нормативными документами и руководящими материалами (ГОСТ, ОСТ).

1.2. Задание на курсовой проект

В начале прохождения производственной практики студентов знакомят с содержанием предстоящего курсового проектирования. Это необходимо для того, чтобы они до начала проектирования могли ознакомиться с реальными технологическими процессами, оборудованием и оснасткой, применяемыми в механических цехах для изготовления деталей, собрать и систематизировать материалы, необходимые для работы над курсовым проектом.

Задание на курсовой проект оформляется преподавателем на бланке установленного образца. В нем указывается наименование детали, процесс изготовления которой должен разрабатываться, годовая программа выпуска деталей и название специального станочного приспособления, подлежащего проектированию.

1.3. Содержание и объем курсового проекта.

Курсовой проект состоит из технологической и конструкторской частей (разделов). В первой части дается техническое обоснование и производится разработка технологического процесса изготовления детали, во второй – проектирование специального станочного приспособления (табл.1).

Графические работы включают чертежи детали, заготовки, общего вида приспособления и рабочие чертежи на отдельные его детали. Объем графических работ составляет 3-4 листа формата А1.

Текстовые материалы состоят из пояснительной записки и карт технологического процесса. Записку необходимо писать одновременно с разработкой разделов проекта и окончательно оформлять после выполнения всех работ. В записке излагаются основные принципиальные решения, принятые в проекте по отдельным вопросам, даются необходимые пояснения, приводятся инженерные расчеты, иллюстрируемые схемами, эскизами, графиками. Записка пишется в сжатой форме и должна иметь минимум извлечений из различных литературных источников в виде цитат и максимум ссылок на источники, собственных выводов, предложений, пояснений, расчетов.

Таблица 1

Содержание и ориентировочный объем отдельных частей (разделов) проекта

Содержание разделов проекта	Процент от полного объема	Ориентировочный объем работ	
		графический формат А1	текстовый формат А4
Введение			
1. Разработка технологического процесса изготовления детали			
1.1. Назначение и краткое техническое описание детали	5	-	1-2
1.2. Конструктивно-технический анализ детали	10	-	1-2
1.3. Выбор и обоснование вида заготовки и способа ее получения	-	-	1-2
1.4. Расчет припусков на обработку и определение размеров заготовки. Вычерчивание детали и заготовки.	10	0,5-1	2-3
1.5. Разработка маршрутного технологического процесса	10	-	3-5
1.6. Разработка операционного технологического процесса	20	-	12-16
1.6.1. Выбор оборудования	-	-	-
1.6.2. Выбор режущего инструмента	-	-	-
1.6.3. Расчет режимов обработки	-	-	-
1.6.4. Нормирование	-	-	-
1.7. Оформление карт технологического процесса:	5		
- маршрутная	-	-	1 карта

- операционные	-	-	3 карты
Всего по разделу 1	60	0,5-1	20-30

Окончание табл. 1

2. Проектирование специального станочного приспособления			
2.1. Выбор схемы базирования детали в приспособлении	5	-	1-2
2.2. Разработка конструктивных схем приспособления	5	-	1-2
2.3. Выполнение расчетов по точности приспособления, по определению усилий зажатия детали и необходимых прочностных расчетов	10	-	3-5
Содержание разделов проекта	Процент от полного объема	Ориентировочный объем работ	
		графический формат А1	текстовый формат А4
2.4. Разработка конструкции приспособления	15	2,5-3	-
2.5. Описание конструкции и работы приспособления	-	-	1-2
2.6. Основные указания по изготовлению, монтажу и безопасной эксплуатации приспособления	5	-	1
Заключение	-	-	1
Всего по разделу 2	40	2,5-3	7-14
Всего по проекту	100	3-4	32-50

Кодирование документации курсового проекта осуществляется в соответствии с требованиями пособий /2,24,64/

Комплектование материалов пояснительной записки курсового проекта производится в следующей последовательности /2,25/:

- титульный лист (на бланке кафедры);
- реферат;
- задание на проектирование (на бланке кафедры);
- ведомость проекта;
- содержание;
- текст пояснительной записки (введение, основная часть, заключение);
- список использованных источников;
- приложения.

Титульный лист является первым листом (страницей) пояснительной записки. На нем указываются тема проекта, фамилия и инициалы студента и руководителя проекта. Подписи указанных лиц на титульном листе обязательны. На втором листе (странице) пояснительной записки помещается реферат.

Реферат содержит:

- заглавное слово «Реферат»;
- сведения об объеме проекта;
- перечень ключевых слов;
- текст реферата.

Сведения об объеме проекта включают данные о количестве листов конструкторской графической документации (в пересчете на формат А1), количестве карт технологического процесса (формат А4), количестве страниц пояснительной записки и содержащихся в ней рисунков и таблиц, количестве источников и приложений.

Ключевые слова отражают основное содержание проекта и используются в информационно-поисковой системе научно-технической информации. Перечень включает от 5 до 15 слов (словосочетаний), написанных в строку прописными буквами через запятые в именительном падеже /25/.

В тексте реферата отражают основные результаты, полученные в проекте, и экономическую эффективность принятых решений. Объем текста реферата не более 500...700 знаков. Реферат пишется на листе формата А4.

Ведомость проекта содержит перечень всех графических и текстовых документов, входящих в проект, с указанием их количества, формата, обозначения и наименования. Кодификация документов производится по /2,24,44/. Ведомость проекта оформляется по форме 4 и 4А ГОСТ 2.106-68. Разрешается использовать форму 1 ГОСТ 2.106-68, т.е. форму спецификации изделий, но без дополнительных граф.

В основной надписи указываются тема проекта, наименование

документа «Ведомость курсового проекта» и код документа. В графу «разработал» вписывается фамилия студента, а в графу «утвердил» – фамилия руководителя проекта. Подписи указанных лиц обязательны.

Проекту присваивается литера «У» – «учебный».

Все остальные листы проекта оформляются на белой бумаге формата А4 (297x210мм) по форме 5а ГОСТ 2.106-68 с основной надписью по ГОСТ 2.104-68 без дополнительных граф. В основной надписи указываются код пояснительной записки и номер листа (страницы). Ширина поля слева 20 мм, с других сторон по 5 мм. В соответствии с /25/ рамки и основную надпись разрешается не выполнять.

«Содержание» включает наименование всех разделов, подразделов и пунктов с указанием номера страницы (листа), на которых размещается начало материала раздела (подраздела, пункта). «Введение» и «Заключение» являются самостоятельными составляющими записки. Каждый раздел необходимо начинать с нового листа (страницы).

Разделы должны иметь порядковую нумерацию и обозначаться арабскими цифрами с точкой; «Введение» и «Заключение» не нумеруются.

Текст пояснительной записки начинается «Введением» и заканчивается «Заключением», являющимися обязательными структурными составляющими проекта. Во введении дается обоснование важности и актуальности темы проекта. В «Заключении» должны содержаться краткие выводы по всем разделам проекта и оценка полученных результатов в сопоставлении с базовыми показателями. Текст записки пишется аккуратно и разборчиво.

Кроме текста в записке помещаются иллюстрации: таблицы, рисунки, схемы, фотографии, графики и др. Иллюстрации (кроме таблиц) обозначаются словом "рисунок" и нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах каждого раздела. Номер рисунка и таблицы должен состоять из номера раздела и порядкового номера иллюстрации в данном разделе, разделенных точкой, например: «Рисунок 1.3» (третий рисунок

первого раздела); «Таблица 3.1» (первая таблица третьего раздела). Допускается и сквозная нумерация рисунков и таблиц без учета номеров разделов.

Формулы нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого раздела, аналогично нумерации иллюстраций. Номер формулы помещают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках, например: (3.1) – первая формула третьего раздела.

Ссылки в тексте на иллюстрации даются с помощью их порядкового номера, например: «Рисунок 2.4». При ссылке на таблицу слово «таблица» пишут полностью и указывают ее номер, например: «в таблице 2.3».

В ссылке на использованный источник указывают его порядковый номер по списку, выделенный двумя наклонными скобками, например: «По данным /3/ материал обладает хорошей обрабатываемостью резанием». В список использованных источников включают учебную, научную, нормативную, патентную, справочную и другую литературу и документы по мере их упоминания в тексте записки.

Образцы выполнения курсовых проектов представлены на стендах в кабинете курсового проектирования кафедры производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

2.1. Назначение и краткое техническое описание детали

В период прохождения практики студент обязан ознакомиться с конструкцией детали, ее назначением и условиями работы в узле, агрегате или механизме. Для технически грамотного и обоснованного изложения этого раздела пояснительной записки необходимо дать описание назначения самой детали, основных ее поверхностей и влияние их взаимного расположения, точности и шероховатости поверхности на качество работы узла, агрегата или механизма, для которого изготавливается деталь. Если назначение детали неизвестно, достаточно описать назначение ее поверхностей.

Для удобства выполнения анализа необходимо представить эскиз детали, где обрабатываемые поверхности имеют цифровое обозначение. Далее следует определить отклонения (допуск) на размеры и поверхности, отсутствующие на чертеже (на свободные размеры, неуказанные отклонения формы и т.д.), для последующей записи их в технологические карты. Здесь же следует привести данные о материале детали: химический состав, механические свойства до и после термообработки. Кроме того, необходимо по возможности высказать свои соображения относительно правильности выбора материала для данных условий работы детали в узле,

целесообразности его замены другими марками и какими именно.

На некоторых заводских чертежах деталей допуски приводятся по старому ОСТу, а шероховатость поверхностей дается в классах. При оформлении чертежа детали в курсовом проекте необходимо обозначения полей допусков привести в соответствие с ЕСДП (см. табл.2), а обозначение шероховатости – с ГОСТ 2.309-73 (см. табл.3).

Таблица 2

Таблица соответствия обозначения допусков.

Поле допуска по ОСТ		Соответствующее поле допуска по ЕСДП		Поле допуска по ОСТ		Соответствующее поле допуска по ЕСДП	
отверстия	вала	отверстия	вала	отверстия	вала	отверстия	вала
Г ₁		Н6	n5	Г _{2a}		Н8	п7
Т ₁		М6	m5	Т _{2a}		М8	т7
Н ₁		К6	к5	Н _{2a}		К8	к7
П ₁		J6, J _s 6	j5, j _s 5	П _{2a}		J8, J _s 8	j7, j _s 7
А ₁ -С ₁	В ₁ -С ₁	Н6	h5	А _{2a} -С _{2a}	В _{2a} -С _{2a}	Н8	h7
Д ₁		G6	g6	-	Х _{2a}	-	f8
Х ₁		F7	f6	-	Пр3 ₃	-	z8, x8
Г _p		U8	u7	-	Пр2 ₃	-	x8, u8
П _p		S7, R7	s6, r6	-	Пр1 ₃	-	u8, s8
-	Пл	-	r6, p6	А ₃ -С ₃	В ₃ -С ₃	Н8, N9	h8, h9
Г		N7	n6	Х ₃		F9	f9, e9
Т		M7	m6	Ш ₃		D9, D10	d9
Н		K7	k6	А _{3a} -С _{3a}	В _{3a} -С _{3a}	H10	h10
П		J7, J _s 7	j6, j _s 6	А ₄ -С ₄	В ₄ -С ₄	H11	h11
А-С	В-С	Н7	h6	Х ₄		D11	d11
Д		G7	G6	П ₄		B11, C11	b11, c11
Х		F8	f7	Ш ₄		A11	a11
Л		E8	e8	А ₅ -С ₅	В ₅ -С ₅	H12	h12
Ш		D8	d8	Х ₅		B12	b12

-	ГХ	-	с8	A ₇	B ₇	H14	h14
Пр2 _{2a}		U8	u8	A ₈	B ₈	H15	h15
-	ПР1 _{2a}	-	s7	A ₉	B ₉	H16	h16

Таблица 3

Таблица соответствия обозначений шероховатости

Обозначение шероховатости поверхности по ГОСТ 2.309-68	Обозначение шероховатости поверхности по ГОСТ 2.309-73	Обозначение шероховатости поверхности по ГОСТ 2.309-68	Обозначение шероховатости поверхности по ГОСТ 2.309-73
▽1	Rz320 ✓	▽8	0.63 ✓
▽2	Rz160 ✓	▽9	0.32 ✓
▽3	Rz80 ✓	▽10	0.16 ✓
▽4	Rz40 ✓	▽11	0.08 ✓
▽5	Rz 20 ✓	▽12	0.04 ✓
▽6	2.5 ✓	▽13	Rz0.1 ✓
▽7	1.25 ✓	▽14	Rz0.05 ✓

2.2.Конструктивно-технологический анализ детали

В проекте необходимо дать оценку технологичности детали и обосновать предложения по ее повышению. Технологичность конструкции изделия (детали) – совокупность свойств, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ /45/.

Общие правила обеспечения технологичности конструкции изделия приведены в ГОСТ 14.201-83 /46/.

К конструкции деталей предъявляются следующие требования:

- конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом;
- детали должны изготавливаться из стандартных или унифицированных

- заготовок;
- размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные, т.е. экономически и конструктивно обоснованные точность и шероховатость;
 - физико-химические и механические свойства материала, жесткость детали, ее форма и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления (включая процессы упрочнения, коррозионной защиты и пр.), хранения и транспортирования;
 - показатели базовой поверхности детали (точность, шероховатость) должны обеспечивать точность установки, обработки и контроля;
 - заготовки должны быть получены рациональным способом с учетом заданного объема выпуска и типа производства;
 - метод изготовления должен обеспечивать возможность одновременного изготовления нескольких деталей;
 - сопряжения поверхности деталей различных классов точности и шероховатости должны соответствовать применяемым методам и средствам обработки;
 - конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых и стандартных технологических процессов ее изготовления.

Указанные требования являются обобщением опыта проектирования и изготовления деталей – соответствие этим требованиям характеризует уровень технологичности деталей. Советуем студентам обратиться к книге авиационного конструктора П.И. Орлова /3/, в которой сформулированы и проиллюстрированы на большом числе примеров правила конструирования механически обрабатываемых деталей.

Сопоставляя конструкцию заданной детали с требованиями стандарта и рекомендациями, необходимо дать качественную оценку технологичности конструкции и наметить пути ее повышения.

Главными факторами, определяющими при этом требования к технологичности конструкции детали, являются вид изделия, куда входит

деталь, объем выпуска и тип производства. Вид изделия определяет главные конструктивные и технологические признаки, обуславливающие основные требования к технологичности конструкции изделий и деталей. Объем выпуска и тип производства определяют виды технологического оснащения, степень механизации и автоматизации технологических процессов.

Рассмотрим пример повышения технологичности детали.

Пример. Чертежом предусматривалось изготовление детали «чашка» из алюминиевого сплава Д16Т в закаленном и естественно состаренном состоянии путем токарной обработки прессованного круглого прутка диаметром 105 мм нормальной точности изготовления (пруток Д16Т.КР.105 Н ГОСТ 21488-76, рис.1).

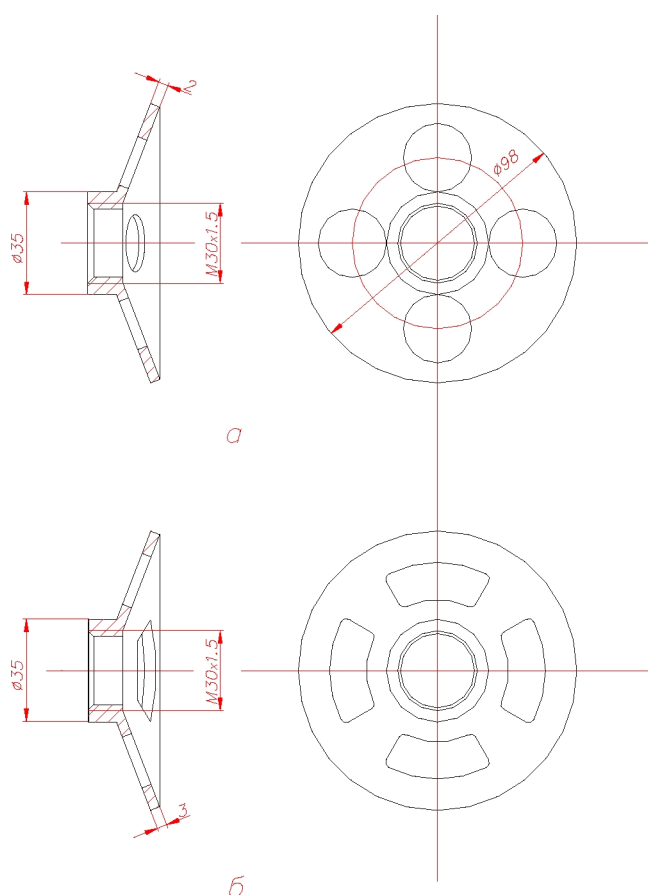


Рис. 1 Эскиз детали «чашка»: *а* – до предложения; *б* – после предложения

В рассмотренном примере замена более прочного прессованного алюминиевого сплава на менее прочный литейный сплав допускалась техническими требованиями на деталь, а для сохранения ее эксплуатационных характеристик толщина тела чашки и диаметр втулки были увеличены лишь на 1 мм. Дополнительные расходы, связанные с изготовлением кокиля и литьем детали, оправдывались достаточной программой выпуска деталей.

Коэффициент

использования материала заготовки при этом был чрезвычайно низким – при массе детали 0,015 кг, масса заготовки равнялась 0,7 кг, трудоемкость механической обработки велика.

Было предложено изготавливать данную деталь из литейного алюминиевого сплава АЛ9Т4 в состоянии после закалки методом литья в кокиль с последующей нетрудоемкой механической обработкой – подрезкой торца и нарезанием резьбы.

Трудоемкость механической обработки снизилась на 2,5 нормо

часа, расход пруткового материала на 3,5 кг (в расчете на одно изделие).

2.3. Выбор вида и определение размеров заготовки

Вид заготовки (пруток, профиль, литье, поковка, штамповка), из которой должна изготавливаться заданная деталь, как правило, указывается в рабочем чертеже детали. В этом случае студент должен дать обоснованное объяснение необходимости использования заготовки именно этого вида. Иногда чертеж детали не содержит каких-либо указаний о виде заготовки. В этом случае необходимо дать обоснованное самостоятельное решение о выборе вида заготовки. Исходными данными для этого являются материал, форма, размеры, а также годовая программа выпуска деталей /1,4,6,7,8,9,10,11,47,48,56/.

Заготовку следует выбирать такой, чтобы ее конфигурация в наибольшей мере соответствовала форме заданной детали. Это позволит снизить отходы материала и сократить время обработки. Разработка технологического процесса изготовления заготовки в объем курсового проекта не входит, однако при выборе заготовки необходимо продумать в общих чертах последовательность ее изготовления.

Размеры и форма заготовки должны быть рассчитаны с учетом величины припуска, необходимого для получения заданной шероховатости и точности обрабатываемых поверхностей детали и допуска на изготовление самой заготовки.

Наиболее распространенными методами получения заготовок в производстве летательных аппаратов являются горячая штамповка и литье.

Составление чертежа штамповки выполняют в следующей последовательности:

- выбирают поверхность разъема штампа;
- назначают припуски, допуски, напуски;
- определяют штамповочные уклоны и строят линию разъема;
- определяют радиусы закруглений;
- в штампах с отверстиями определяют размеры перемычек под пробивку.

Поверхность разъема должна обеспечивать свободное извлечение штамповки из штампа. Лучше всего, когда в плоскости разъема находятся два наибольших габаритных размера штамповки. Тогда третий наименьший размер

является высотой. Плоскость разъема выбирают так, чтобы можно было легче контролировать сдвиг между верхней и нижней плоскостями штампа.

Припуски, допуски и напуски на штамповки назначаются в зависимости от требуемой точности, массы и степени сложности штамповки, а также марки материала заготовки. Методика определения величины припуска и справочные таблицы допусков на изготовление штамповок даются в /11,12,13,47,48/.

Штамповочные уклоны необходимы для обеспечения удаления штамповки из ручья. Различают наружные и внутренние штамповочные уклоны. Внутренние уклоны обычно выполняют больше наружных.

Величина штамповочного уклона зависит от глубины полости или высоты выступа в штампе. На величину уклона также оказывают влияние металл штамповки и смазка штампа. Обычно величину уклона выбирают в пределах $3...10^\circ$.

На чертеже штамповки должны быть даны технические условия (требования) на ее изготовление. Эти условия обычно включают следующее:

- указания о не оговоренных штамповых уклонах, радиусах закруглений;
- указания о неоговоренных допусках на вертикальные и горизонтальные размеры штамповки;
- технические требования на недоштамповку, термообработку, твердость, а также допускаемую величину остатка облоя, смещения штампа и глубину дефектов;
- расположение мест на штамповке для замера твердости, клеймения и маркировки.

Изготовление фасонных заготовок литьем является более экономичным, чем штамповкой. Литьем можно получать заготовки со сложными криволинейными поверхностями, полостями, выступами, расположенными в различных направлениях, при минимальном количестве обрабатываемых поверхностей с небольшими припусками на обработку и максимальным приближением к форме готовой детали.

Отливки, в отличие от заготовок из деформируемых сплавов, имеют практически однородные механические свойства во всех направлениях и обладают

повышенной жаропрочностью. Однако, прочностные характеристики литых деталей несколько хуже, чем у деталей, изготовленных из горячих штамповок, поэтому в силовых конструкциях их применение ограничено. Необходимо также отметить, что во многих случаях литье является единственным способом изготовления нужных деталей.

Применение того или иного способа литья (табл.4) определяется точностью изготовления отливки, шероховатостью ее поверхностей, а также маркой материала, необходимыми механическими свойствами, габаритными размерами и массой. Отливки должны иметь по возможности равномерную толщину и прямолинейные очертания стенок, это упрощает конструкцию модели и способствует повышению качества литой детали.

Для облегчения извлечения отливок из форм необходимо предусмотреть литейные уклоны. Величина уклонов зависит от способа литья, материала отливки, а также ее габаритов, массы и конфигурации. Обычно литейные уклоны находятся в пределах $0,5 \dots 7^\circ$.

Припуск на механическую обработку назначают с учетом коробления отливки, а также неточности ее изготовления. Величина припуска увеличивается для отливок из сплавов с большой линейной усадкой, а также при увеличении габаритных размеров отливок. Обычно припуск и допуск для различных литейных материалов и способов литья выбирается по таблицам или специальным нормативам /12,13,56/.

На чертеже отливки должны быть указаны технические условия на изготовление отливок. Обычно в технических условиях указывается следующее:

- линия разъема модели с указанием верха и низа по расположению ее в форме;
- линия разъема стержня (стержней);
- расположение и размеры стержневых знаков;
- расположение и конструкция прибыли;
- расположение базовой поверхности для разметки;
- точность и шероховатость поверхности отливки.

Сложные и громоздкие отливки во многих случаях целесообразно выполнять из отдельных составляющих, соединяемых впоследствии болтами или

сваркой.

Таблица 4.

Рекомендуемые способы литья для различных литейных сплавов
и краткие характеристики этих сплавов.

Достоинства	Недостатки
Литье в песчаные формы (все литейные сплавы)	
Изготовление сложных крупногабаритных деталей, высокая маневренность технологии производства	Низкая точность размеров и высокая шероховатость поверхности отливок, низкая производительность
Литье в кокиль (сплавы: АЛ2, АЛ4, АЛ5, АЛ9, МЛ5, МЛ12, стальные сплавы для отливок простой конфигурации)	
Получение отливок с плотной структурой металла и повышенными механическими свойствами. Возможность механизации процесса. Экономия площадей и формовочных материалов.	Ограниченные габаритные размеры и сложность отливок, высокая стоимость и длительность изготовления кокиля
Литье в оболочковые формы (сплавы: МЛ5, МЛ7, МЛ12, 40Г2Л, 35ХГСЛ)	
Возможность заливки в любом положении. Пониженная шероховатость поверхности, высокая точность размеров. Экономия площадей	Ограниченные габаритные размеры и сложность деталей. Дефицитность формовочных материалов и их высокая стоимость. Высокая стоимость модельной оснастки. Необходимость работы с горячими моделями.

Достоинства	Недостатки
Литье по выплавляемым моделям (сплавы: 40Г2Л, 35ХГСЛ, 268Л, 27ХГСНМЛ)	
Применение безразъёмных моделей и форм для сложных деталей. Получение низкой шероховатости поверхности отливок и точных размеров, что позволяет свести до минимума механическую обработку заготовок	Ограниченные габаритные размеры отливок. Большая продолжительность цикла, невозможность контроля на всех операциях, повышенный брак. Дорогие формовочные материалы.
Литье под давлением (сплавы: АЛ2, АЛ9, ВИ-11-3, МЛ5)	
Получение тонкостенных отливок сложной конфигурации, почти не требующих механической обработки. Возможность армирования деталей, получение готовой резьбы, рельефных надписей, низкой шероховатости поверхности, высокой точности.	Ограниченные габаритные размеры деталей. Не применяется для стальных отливок. Низкая прочность и плотность материала отливок. Невозможность применения упрочняющей термообработки ввиду наличия в отливках газовых пузырьков.

Для выбора оптимальной заготовки следует также обратить внимание на возможность получения заданной точности и шероховатости некоторых поверхностей детали без механической обработки. При этом можно руководствоваться ориентировочными данными, приведенными табл.5. Более точные и конкретные данные в зависимости от материала, габаритов и т.д. приведены в справочниках и стандартах /13,47,56,23/.

После того, как окончательно определены вид и размеры заготовки, студент выполняет рабочий чертеж заготовки с указанием всех необходимых технических требований.

Качество поверхностей заготовок

Вид заготовки	Точность, квалитет	Шероховатость, Rz мкм
Литье в землю	-	320 и более
Литье в кокиль	12...14	20...320
Литье в оболочковые формы	12...14	20...80
Литье под давлением	9...12	10...40
Литье по выплавляемым моделям	9...12	20...40
Штамповка	15...17	150...300
Прокат горячекатаный	14...16	150...300
Прокат калиброванный гладкотянутый	7...12	40...80

На чертеже заготовки в том же масштабе следует нанести контуры обрабатываемой детали – это дает возможность наглядного сравнения формы заготовки и детали (рис.2). Контур детали выполняется условным пунктиром.

Производя выбор заготовки, следует стремиться к максимальному использованию материала. Рациональность использования материала заготовки определяется коэффициентом КИМ.

При изготовлении деталей из прутков или труб рассчитывается количество заготовок, получаемых из материала различной стандартной длины, определяется коэффициент использования материала и решается вопрос о выборе оптимальной длины полуфабрикатов.

Выбор вида заготовок и сортамента материалов можно производить по справочникам /5,6,7,8/, а также по ГОСТам 82-70, 103-76, 5520-79, 1623-89, 19904-90 (листы и полосы из стали обыкновенного качества), 1577-81, 3836-83, 4041-71, 5582-75, 11268-76 (листы и полосы из стали повышенного качества), 21631-76, 2060-90 (листы, полосы и прутки из цветных металлов), 800-78, 8731-74, 8732-78, 8734-75, 22897-86 (трубы стальные), 617-72, 10092-75, 13548-77, 21646-76 (трубы из цветных металлов).

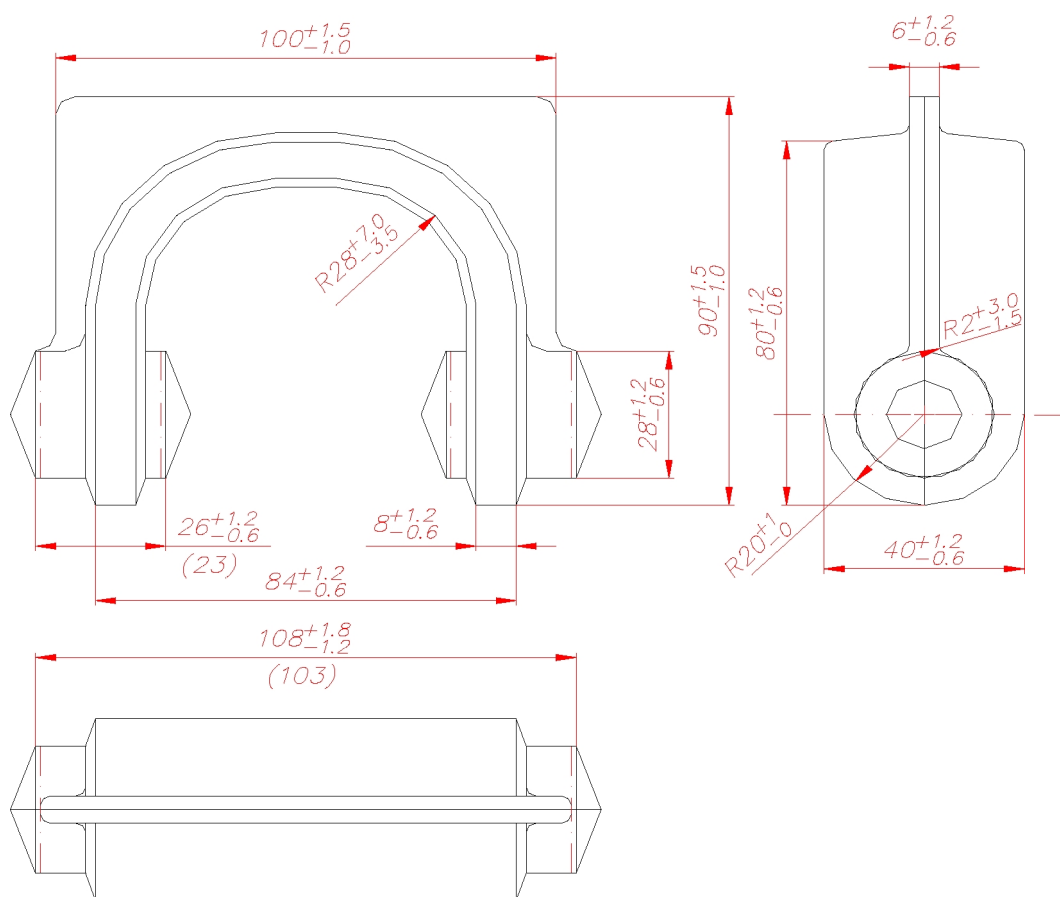


Рис. 2. Образец оформления чертежа заготовки

2.4. Разработка маршрутного технологического процесса обработки деталей

Вначале полезно ознакомиться с типовыми технологическими процессами механической обработки, а также с основными принципами проектирования таких процессов /1,6,9,10,11/.

Следует помнить, что каждый процесс (точение, хонингование и т.д.) обеспечивает соответствующую ему точность и шероховатость поверхности лишь в том случае, если проведена необходимая предварительная подготовка обрабатываемой поверхности. Например, развертывание отверстия $D > 12$ мм позволяет получить 7-й квалитет точности и 7-8-й классы шероховатости лишь при условии, что отверстие предварительно обработано зенкером и черновой разверткой (см. табл. 6,7,8).

Таблица 6

Обработка отверстий в сплошном материале по 7 качеству (H7)

Диаметр обрабатываемого отверстия, мм	Диаметр в мм					
	сверла		после растачивания резцом	зенкера	черновой развертки	чистой развертки
	1-го	2-го				
3	2,9	-	-	-	-	3H7
4	3,9	-	-	-	-	4H7
5		-	-	-	-	5H7
6	5,8	-	-	-	-	6H7
8		-	-	-	-	8H7
10		-	-	-	9,96	10H7
12		-	-	11,85	11,95	12H7
13		-	-	12,85	12,95	13H7
14	13,0	-	-	13,85	13,95	14H7
15	14,0			14,85	14,95	15H7
16	15,0	-	-	15,85	15,95	16H7
18	17,0	-	-	17,85	17,94	18H7
20	18,0	-	19,8	19,8	19,94	20H7
22	20,0	-	21,8	21,8	21,94	22H7
24	22,0	-	23,8	23,8	23,94	24H7
25	23,0	-	24,8	24,8	24,94	25H7
26	24,0	-	25,8	25,8	25,94	26H7
28	26,0	-	27,8	27,8	27,94	28H7
30	15,0	28,0	29,8	29,8	29,93	30H7
32	15,0	30,0	31,7	31,75	31,93	32H7
35	20,0	33,0	34,7	34,75	34,93	35H7
38	20,0	36,0	37,7	37,75	37,93	38H7
40	25,0	38,0	39,7	39,75	39,93	40H7
42	25,0	40,0	41,7	41,75	41,93	42H7
45	25,0	43,0	44,7	44,75	44,93	45H7

Диаметр обрабатываемого отверстия, мм	Диаметр в мм					
	сверла		после растачивания резцом	зенкера	черновой развертки	чистой развертки
	1-го	2-го				
48	25,0	46,0	47,7	47,75	47,93	48H7
50	25,0	48,0	49,7	49,75	49,93	50H7
60	30,0	55,0	59,5	59,5	59,9	60H7
70	30,0	65,0	69,5	69,5	69,9	70H7
80	30,0	75,0	79,5	79,5	79,9	80H7
90	30,0	80,0	89,3	-	89,8	90H7
100	30,0	80,0	99,3	-	99,8	100H7
120	30,0	80,0	119,3	-	119,8	120H7
140	30,0	80,0	139,3	-	139,8	140H7
160	30,0	80,0	159,3	-	159,8	160H7
180	30,0	80,0	179,3	-	179,8	180H7

Примечания к таблице 6:

1. При обработке отверстий диаметром до 15 мм включительно в чугуне растачивание зенкером не применяется.
2. При сверлении отверстий диаметром 30 и 32 мм в чугуне применять одно сверло, соответственно, диаметром 28 и 30 мм.
3. В случае применения одной развертки на нее распространяется суммарный припуск черновой и чистой разверток, указанный в табл.6.
4. Начиная с диаметра 75 мм, рекомендуется вместо сверления спиральными сверлами применять кольцевое сверление.

Таблица 7

Обработка отверстий в сплошном материале по качеству 9(H 9)

Диаметр обрабатываемого отверстия, мм	Диаметр, мм				
	сверла		после растачивания резцом	зенкера	развертки
	1-го	2-го			
3	2,9	-	-	-	3H9
4	3,9	-	-	-	4H9
5	4,8	-	-	-	5H9
6	5,8	-	-	-	5H9
8	7,8	-	-	-	8H9
10	9,8	-	-	-	10H9
12	11,8	-	-	-	12H9
13	12,8	-	-	-	13H9
14	13,8	-	-	-	14H9
15	14,8	-	-	-	15H9
16	15,8	-	-	15,85	16H9
18	17,0	-	-	17,85	18H9
20	18,0	-	19,8	19,8	20H9
22	20,0	-	21,8	21,8	22H9
24	22,0	-	23,8	23,8	24H9
25	23,0	-	24,8	24,8	25H9
26	24,0	-	25,8	25,8	26H9
28	26,0	-	27,8	27,08	28H9
30	15,0	28,0	29,8	29,8	30H9
32	15,0	30,0	31,7	31,75	32H9
35	20,0	33,0	34,7	34,75	35H9
38	20,0	36,0	37,7	37,75	38H9
40	25,0	38,0	39,7	39,75	40H9
42	25,0	40,0	41,7	41,75	42H9
45	25,0	43,0	44,7	44,75	45H9

48	25,0	46,0	47,7	47,75	48H9
----	------	------	------	-------	------

Обработка отверстий в сплошном материале по качеству 9(H 9)

Диаметр обрабатываемого отверстия, мм	Диаметр, мм				
	сверла		после растачивания резцом	зенкера	развертки
	1-го	2-го			
50	25,0	48,0	49,7	49,75	50H9
60	30,0	55,0	59,5	-	60H9
70	30,0	65,0	69,5	-	70H9
80	30,0	75,0	79,5	-	80H9
90	30,0	80,0	89,3	-	90H9
100	30,0	80,0	99,3	-	100H9
120	30,0	80,0	119,3	-	120H9
140	30,0	80,0	139,3	-	140H9
160	30,0	80,0	159,3	-	160H9
180	30,0	80,0	179,3	-	180H9

Таблица 8

Обработка литых и горячештампованных отверстий по 7-9 качествам

Диаметр обрабатываемого отверстия, мм	Диаметр, мм				
	Черновое растачивание		Диаметр после растачивания с допуском по H11	Черновая развертка	Чистовая развертка по H7..H9
	1-е	2-е			
30	-	28,0	29,8	29,93	30
32	-	30,0	34,7	31,93	32
35	-	33,0	34,7	34,93	35
38	-	36,0	37,7	37,93	38
40	-	38,0	39,7	39,93	40
42	-	40,0	41,7	41,93	42
45	-	43,0	44,7	44,93	45
48	-	46,0	47,7	47,93	48
50	45	48,0	49,7	49,93	50
52	47	50,0	51,5	51,93	52

Продолжение таблицы 8

Диаметр обрабатываемого отверстия, мм	Диаметр, мм				
	Черновое расточивание		Диаметр после расточивания с допуском по Н11	Черновая развертка	Чистовая развертка по Н7..Н9
	1-е	2-е			
55	51	53,0	54,5	54,92	55
58	54	56,0	57,5	57,92	58
60	56	58,0	59,5	59,92	60
62	58	60,0	61,5	61,92	62
65	61	63,0	64,5	64,92	65
68	64	66,0	67,5	67,90	68
70	66	68,0	69,5	69,90	70
72	68	70,0	71,5	71,90	72
75	71	73,0	74,5	74,90	75
78	71	76,0	77,5	77,90	78
80	75	78,0	79,5	79,90	80
82	77	80,0	81,3	81,85	82
85	80	83,0	84,3	84,85	85
88	83	86,0	87,3	87,85	88
90	85	88,0	89,3	89,85	90
92	87	90,0	91,3	91,85	92
95	90	93,0	94,3	94,85	95
98	93	96,0	97,3	97,85	98
100	95	98,0	99,3	99,85	100
105	100	103,0	104,3	104,8	105
110	105	108,0	109,3	109,8	110
115	110	113,0	114,3	114,8	115
120	115	118,0	119,3	119,8	120
125	120	123,0	124,3	124,8	125
130	125	128,0	129,3	129,8	130
135	130	133,0	134,3	134,8	135

Диаметр обрабатываемого отверстия, мм	Диаметр, мм				
	Черновое расточивание		Диаметр после расточивания с допуском по Н11	Черновая развертка	Чистовая развертка по Н7..Н9
	1-е	2-е			
140	135	138,0	139,3	139,8	140
145	140	143,0	144,3	144,8	145
150	145	148,0	149,3	149,8	150
155	150	153,0	154,3	154,8	155
160	155	158,0	159,3	159,8	160
165	160	163,0	164,3	164,8	165
170	165	168,0	169,3	169,8	170
175	170	173,0	174,3	174,8	175
180	175	178,0	179,3	179,8	180
185	180	183,0	184,3	184,8	185
190	185	188,0	189,3	189,8	190
195	190	193,0	194,3	194,8	195
200	194	197,0	199,3	199,8	200
210	204	207,0	209,3	209,8	210
220	214	217,0	219,3	219,8	220
250	244	247,0	249,3	249,8	250
280	274	277,0	279,3	279,8	280
300	294	297,0	299,3	299,8	300
320	314	317,0	319,3	319,8	320
350	342	347,0	349,3	349,8	350
380	372	377,0	379,2	379,75	380
400	392	397,0	399,2	399,75	400
420	412	471,0	419,2	419,75	420
450	442	447,0	449,2	449,75	450
480	472	477,0	479,2	479,75	480
500	492	497,0	499,2	499,75	500

Примечания к таблице 8:

1. Отверстия диаметром свыше 500 мм растачиваются с теми же межоперационными припусками, что и отверстия диаметром 500 мм.
2. При наличии больших литейных припусков первое черновое растачивание производить в два или больше проходов.
3. В случае применения одной развертки на нее распространяется суммарный припуск черновой и чистовой разверток, указанный в настоящей таблице.

Таким образом, выбрав процесс финишной обработки, необходимо выбрать процессы предварительной обработки поверхностей деталей.

При установлении последовательности операций следует руководствоваться следующими общими соображениями:

- в первую очередь надо обработать поверхности деталей, которые являются основными базами для дальнейшей обработки;
- затем следует обрабатывать поверхности, с которых снимается наиболее толстый слой металла, так как при этом легче обнаруживаются дефекты заготовки (раковины, включения, трещины и т.п.);
- операции, при выполнении которых существуют вероятность брака из-за дефектов в материале или сложности механической обработки, должны выполняться в начале процесса;
- далее последовательность операций устанавливается в зависимости от требуемой точности поверхности: чем точнее должна быть поверхность, тем позднее она должна обрабатываться, так как обработка каждой последующей поверхности может вызвать искажение ранее обработанной поверхности. Это происходит из-за того, что снятие каждого слоя металла с поверхности детали вызывает перераспределение остаточных напряжений, что приводит к деформации детали;
- поверхности, которые должны быть наиболее чистыми, также обрабатываются последними. Этим исключается или уменьшается возможность повреждения окончательно обрабатываемых поверхностей. Если такие поверхности были

обработаны ранее и потом выполнялись другие операции, то их обрабатывают повторно для окончательной отделки.

В плане обработки, который составляется перед оформлением маршрутного технологического процесса, указывается последовательность выполнения технологических операций, начиная от черновой обработки заготовки и кончая контролем готовой детали. По каждой операции устанавливаются метод обработки, используемое оборудование, приспособление и режущий инструмент.

Любая деталь может быть получена различными методами механической обработки: могут быть применены различные виды оборудования, различные приспособления (универсальные или специальные), различные виды инструментов (универсальные, специальные), могут использоваться различные виды заготовок (прутки, поковки, штамповки, разной точности отливки).

Студент на основе знаний технологии, станочного оборудования, приспособлений и инструментов должен составить два варианта плана обработки, которые должны обеспечивать необходимое качество деталей, но с экономической точки зрения (производительности, стоимости) будут различны. В качестве первого плана принимается план базового (производственного) техпроцесса. Сравнить их по этим характеристикам можно только, разработав подробно процесс, назначив режимы резания и рассчитав норму времени. Студент предлагает несколько вариантов процесса и дает общую словесную оценку каждого (достоинства и недостатки). Затем, по согласованию с руководителем, выбирает два варианта процесса, которые подробно разрабатываются и сравниваются по технологической себестоимости. В плане обработки указывается только вид заготовки, наименование операций, оборудование, приспособления и инструменты. Например, для вильчатого болта (рис.3) могут быть предложены варианты изготовления, указанные в табл.9. На основании разработанного плана заполняются бланки титульного листа и маршрутной технологии /55,58,62/.

Таблица 9.

Пример вариантов плана механической обработки

Операции	1 вариант			2 вариант		
	Станок	Приспособление	Инструмент	Станок	Приспособление	Инструмент
	Из штучной цилиндрической заготовки			Из прутка		
1. Токарная обработка поверхностей 1...10			Набор резцов		Цанговый патрон	Фасонный резец
2. Нарезание резьбы М30-6Н/6д	Токарно-винторезный	3-х кулачковый патрон	Резбовый резец	Токарно-револьверный 1365	Цанговый патрон	Плашка
3. Фрезерование поверхностей 11,12,13,15	Горизонтально-фрезерный 680	Одноместное приспособление	Набор из трех фрез	Горизонтально-фрезерный 680	Многоместное приспособление	Набор из трех фрез
4. Сверление отверстия (поверхность 14)	Вертикально-сверлильный 2118	Кондуктор с ручным зажимом	Сверло диаметром 7,8 мм	Вертикально-сверлильный 2112	Кондуктор с механизированным зажимом	Сверло диаметром 7,8 мм
5. Шлифование поверхности 3	Круглошлифовальный 310П	Специальное	Шлифовальный круг	Бесцентровошлифовальный 3184	Универсальное	Шлифовальный круг
6. Развертывание отверстия Ø8Н7	Вертикально-сверлильный 2118	Кондуктор с ручным зажимом	Комплект развёрток: : черновая - Ø7,96. : чистовая - Ø8Н7	Вертикально-сверлильный 2112	Кондуктор с механизированным зажимом	Комплект развёрток: : черновая - Ø7,96. : чистовая - Ø8Н7

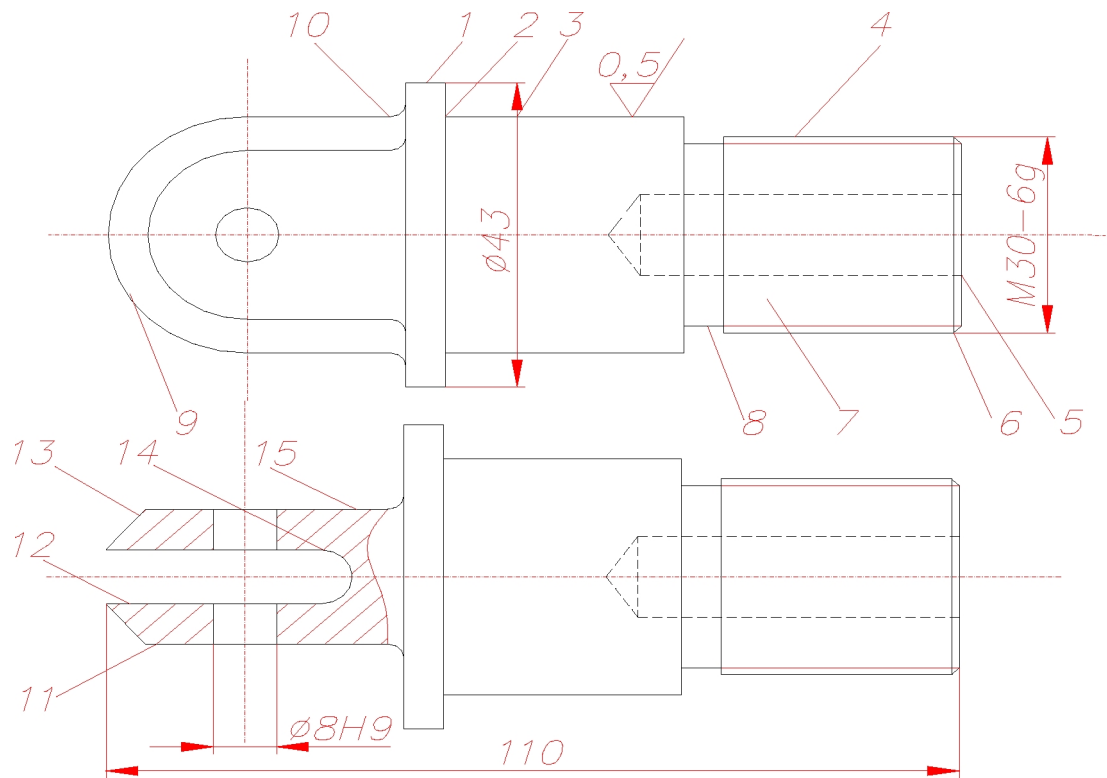


Рис. 3 Эскиз к плану обработки вильчатого болта

2.5. Разработка операционного технологического процесса

В соответствии с выбранным для детальной разработки вторым вариантом технологического процесса производят по каталогам выбор оборудования и инструментов, необходимых для выполнения всех операций и переходов /14,27,28/. Затем для трех операций определяют режимы обработки и корректируют их в соответствии с паспортными данными выбранного оборудования /29/. При этом, если в паспортных данных не приведены конкретные значения возможных частот вращения (об/мин) и подач (мм/мин), то их следует выбирать из нормального ряда чисел: 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; и т.д.

Выбирая оборудование, следует в большей степени ориентироваться на применение современных станков с программным управлением. Основное достоинство станков с ЧПУ состоит в сокращении времени обработки, простоте

переналадки и возможности использования в цехах, где наблюдается быстрая смена объектов производства.

Металлорежущие станки с ЧПУ можно классифицировать по различным признакам. В зависимости от вида основных операций обработки станки с ЧПУ подразделяют на технологические группы: токарные, фрезерные, сверлильные, координатно-расточные, сверлильно-фрезерные (фрезерно-расточные), сверлильно-фрезерно-расточные, шлифовальные, многоцелевые (многооперационные), типа «обрабатывающий центр», для электрообработки, разные.

По принципу управления движением, который определяется системой ЧПУ, различают три группы станков: с позиционными системами ЧПУ, с контурными системами ЧПУ, с комбинированными системами ЧПУ.

По количеству используемого инструмента: одноинструментальные, многоинструментальные. Многоинструментальными принято считать станки с числом инструментов до 12. Станки, обеспечивающие особо высокую концентрацию операций, имеющие более 12 инструментов и снабженные специальным магазином для размещения инструментов, относят к многоцелевым. Особенностью многоцелевых станков является наличие стола или делительного приспособления с периодическим или непрерывным (по программе) движением.

В соответствии с классификацией систем программного управления (СПУ) принята следующая схема обозначения станков. К основному обозначению станка добавляют один из индексов: Ц – станки с цикловым управлением, Ф1 – станки с цифровой индексацией и ручным вводом данных, Ф2 – станки с позиционными СПУ, Ф3 – станки с контурными СПУ, Ф4 – станки со смешанными СПУ. Кроме того, введены индексы, отражающие конструктивные особенности станков, связанные с автоматической сменой инструмента: Р – смена инструмента поворотом револьверной головки, М – смена инструмента из магазина. Индексы Р и М записывают перед индексами Ф2, Ф3, Ф4. Например, РФ2 – станок с позиционной СПУ и револьверной инструментальной головкой, МФ3 – станок с контурной СПУ и инструментальным магазином и т.д. Индекс МФ4 многоцелевого станка модели 262ПМФ4 означает, что станок оснащен

смешанной СПУ и магазином инструментов.

Некоторые модели станков с ЧПУ имеют и другую индексацию – буквенные индексы заводов-изготовителей с указанием порядкового номера. Например, ГФ1813-С1 – станок Горьковского завода фрезерных станков.

В станках с ЧПУ сохраняется индексация по точности, принятая для универсальных станков: нормальная точность – класс Н, повышенная точность – класс П, высшая точность – класс В, особая точность – класс А, особо высокая точность (мастер-станки) – класс С. Индекс класса точности (за исключением Н) в обозначении станка приводится после всех цифровых индексов, например, 6В76ПМФ4 – многоцелевой станок повышенной точности.

Типаж металлорежущих станков с ЧПУ характеризуется их технологическим назначением (для обработки определенных групп деталей: валов, фланцев, плит, кулачков, корпусных и других деталей), характером производства (мелкосерийное, серийное), требуемой точностью обработки (повышенной, высокой и особо высокой), а также возрастающими требованиями промышленности к станкам с ЧПУ по повышению производительности, надежности, удобства обслуживания и эксплуатации. Отличительной особенностью типажа является включение в него большого числа многоцелевых станков с ЧПУ, позволяющих комплексно обрабатывать различные детали за один установ.

Токарные станки с ЧПУ по отношению длины обработки L к диаметру D можно разбить на патронные, используемые для обработки деталей с $L/D=0,25 \dots 1,0$ (А734Ф3, КТ141, 1П756ДФ3, 11Б40ПФ4), и центровые (патронно-центровые), обеспечивающие обработку деталей с $L/D=1,0 \dots 10$ и выше (16К20Ф3, 16К30Ф3, 1Г340ПФЦ-02, 1716ПФ4).

В типы токарных станков с ЧПУ включены как базовые модели, так и их модификации (с револьверной головкой, с инструментальным магазином, многосуппортные, двухшпиндельные и др.). Наиболее важной характеристикой токарных станков является схема размещения на станке инструментальных блоков. Эти схемы могут быть самыми различными, но в станках с ЧПУ должна быть обеспечена автоматическая смена инструментов. В традиционной схеме инструмент крепят в резцедержателе суппорта. Большую емкость обеспечивает

схема с револьверной головкой на суппорте. Эта головка может быть размещена за осью центров станка или выше нее при соосном или перпендикулярном размещении инструмента в головке. Для прутковых и патронных токарных станков применяют схемы, при которых инструмент располагается на оси шпинделя, при этом ось револьверной головки может быть перпендикулярной к основанию станка или к фронтальной его плоскости. Достаточно распространенными являются конструкции токарных станков с двумя револьверными головками, с револьверной головкой и суппортом, с двумя суппортами. В крупносерийном производстве применяют двух- и трехшпиндельные токарные станки с револьверными головками. В ряде конструкций токарных станков с ЧПУ встречаются и нетрадиционные схемы размещения револьверных головок.

Фрезерные станки с ЧПУ выпускают с консольным столом размерами 250x1000, 320x1250, 400x1600 (6П81ГМФ3-6Р1Ф3, 6Р13РФ3). Фрезерные станки с бесконсольным столом имеют повышенную жесткость и точность обработки (6560Ф3, МА655Ф3, 6520М93, ИФ350Ф3). Ширина столов таких станков составляет ряд, мм: 250, 400, 500, 630, 1000. Из бесконсольных вертикально-фрезерных станков наиболее распространены станки с размерами стола 250x630 и 500x1070 мм, имеющие револьверную головку для автоматической смены инструмента.

Многоцелевые станки с ЧПУ позволяют выполнять множество операций с одной установкой детали на станке, что особенно выгодно при большом числе переходов. Станки классифицируют по технологическому назначению с учетом типа деталей (тела вращения, корпусные, плоские и др.) и серийности производства. По конструктивному признаку многоцелевые станки с ЧПУ делят на станки с горизонтальным шпинделем и поворотным столом для комплексной фрезерно-расточно-сверлильной обработки корпусных деталей (ширина стола 250...4000 мм, ИР200АМФ4, ИР320ПМФ4, 6Б76ПМФ4, 2204ВМФ4, ИР800МФ4, 2А622МФ2, ИР1600МФ4), с вертикальным шпинделем для комплексной обработки длинномерных деталей (ширина стола 400...2500 мм, 2254ВМФ4, 21105Н7Ф4, СМ213В).

Начат выпуск многоцелевых станков для обработки тел вращения.

Многоцелевые станки часто разрабатывают на основе фрезерных, расточных и сверлильных станков.

Из анализа обрабатываемых деталей установлено, что наиболее целесообразной является бесконсольная компоновка станка средних размеров с крестовым столом и с горизонтальным или вертикальным шпинделем, причем в первом случае станки часто оснащают встроенным поворотным столом. Эта компоновка обладает повышенной жесткостью по сравнению с консольным расположением стола, что обеспечивает повышение точности обработки, а постоянное расположение стола по высоте дает возможность оснащать станки с ЧПУ устройствами для автоматической смены заготовок.

Многоцелевые станки с ЧПУ в одно- и двустоечном исполнении с продольным движением стола обеспечивают обработку заготовок повышенной длины. Эта компоновка также имеет повышенную жесткость по сравнению со станком, обладающим крестовым столом.

При назначении операций и переходов рекомендуется ознакомиться с терминологией механических операций и классификатором переходов по ГОСТам и справочникам /6,16,49,50,51/.

Специальность и разряд рабочих определяют по тарифно-классификационному справочнику /30/.

На три операции технологического процесса изготовления детали заполняются бланки операционных карт по ГОСТ 3.1404-86 /61/. На картах рисуются операционные эскизы, позволяющие рабочему выполнять операции, не прибегая к подробному разбору размеров на чертеже и подсчету межоперационных размеров. Изготавливаемая деталь должна быть изображена на эскизе в рабочем положении, т.е. так, как она устанавливается на станке. На эскизе дается одна или несколько проекций детали, позволяющих обозначить опоры, зажимы и положение режущего инструмента относительно обрабатываемых поверхностей.

Условные обозначения опор, зажимов, нанесение знаков базирования необходимо выполнять по ГОСТ 3.1107-81. Примеры базирования заготовок и их условные обозначения на операционных эскизах представлены в табл. 10. Другие подобные примеры приведены в учебнике /16/, табл.6.2.

Наиболее распространенные способы установки заготовки,
условные графические обозначения опор и зажимов

Опора или способ установки	Эскиз установки	Условное обозначение
В трехкулачковом самоцентрирующем патроне с базированием по наружному диаметру без упора в торец		
На консольной оправке с базированием по торцу		
Консольно на разжимной цилиндрической оправке, закрепляемой гайкой, с базированием по торцу		
Крепление в машинных тисках на постоянных опорах		

На операционном эскизе указываются данные, необходимые для выполнения технологического процесса (размеры, предельные отклонения, обозначение шероховатостей обрабатываемых поверхностей, технические требования).

Технические требования следует размещать на свободном поле эскиза справа от изображения или под ним.

Обрабатываемые поверхности детали следует обводить сплошной линией толщиной от 2S до 3S.

На эскизах все обрабатываемые поверхности нумеруются арабскими цифрами, номер обрабатываемой поверхности проставляют в окружности диаметром 6...8 мм и соединяют размерной линией. При этом размеры и предельные отклонения обрабатываемой поверхности в содержании операции (перехода) не указывают, например. «развернуть отверстие 1», «расточить отверстие 2». Номера обрабатываемых поверхностей проставляются на эскизе обязательно в последовательном порядке по часовой стрелке; при этом желательно располагать их по горизонтальным и вертикальным линиям, не допуская пересечения выносных линий. Нумерация поверхностей в каждой операции начинается с первого номера.

На эскизе проставляются только те размеры и технические условия, которые получаются в результате обработки и требуются для контроля данной операции. Допуски на размеры указываются в буквенном и числовом выражении. Числовые величины допусков рекомендуется проставлять в скобках, например 20H7 (+0,025).

Номер операции проставляется по маршрутной карте в технологической последовательности выполнения техпроцесса. Нумерацию обозначают трехзначным числом, кратным 5 (005,010,015). Интервалы в нумерации приняты для возможности последующего внесения промежуточных операций.

Запись переходов должна быть краткая и ясная, глагол в тексте должен стоять в неопределенной форме (точить, фрезеровать, сверлить и т.д.). Числовые размеры, указанные на операционном эскизе, в тексте не повторяются. Промежуточные размеры, не указанные в эскизе, записываются в тексте, например:

1. Обточить поверхность 1 до $\varnothing 31,5$ на длину 48 (запись перехода промежуточной обработки поверхности 1).
2. Обточить поверхность 1 (запись перехода чистовой обработки поверхности 1 в соответствии с размерами, указанными на операционном эскизе).

Переходы, установки и переустановки деталей нумеруются арабскими цифрами в порядке их технологической последовательности и начинаются в каждой операции с первого номера.

При сложных многоинструментальных переходах каждый отдельный элемент перехода записывается в своей строке под номером данного перехода с добавлением порядковой буквы алфавита (1а, 1б, 1в, и т.д.).

При наличии ряда позиций для данного установа (например, фрезерования четырех пазов, расположенных по окружности под углом 90°) после записи установа указываются номер позиции и выполняемые в этой позиции переходы. Далее в последовательном порядке записываются остальные позиции и соответствующие им переходы. Если при этом перемещения детали в каждую позицию и соответствующие им переходы совершенно одинаковы, то после записи первой позиции и соответствующих ей переходов указывается, сколько раз они повторяются.

Для режущего инструмента дается его название, размер, материал, из которого он сделан, а для нормального инструмента дополнительно указывается шифр или номер ГОСТа по каталогу. Например, резец подрезной – 16x25x150x – Т15К6.

Режущие инструменты работают в условиях больших нагрузок, высоких температур, трения и износа, поэтому инструментальные материалы должны удовлетворять особым эксплуатационным требованиям. Материал рабочей части инструмента должен иметь большую твердость и высокие допускаемые напряжения на изгиб, растяжение, сжатие, кручение. Твердость материала рабочей части инструмента предусматривают значительно большей, чем твердость материала обрабатываемой заготовки.

Высокие прочностные свойства необходимы, чтобы инструмент обладал сопротивляемостью соответствующим деформациям в процессе резания, а достаточная вязкость материала инструмента позволяет воспринимать ударную динамическую нагрузку, возникающую при обработке заготовок из хрупких материалов и заготовок с прерывистой поверхностью. Инструментальные материалы должны иметь высокую красностойкость, т.е. сохранять большую твердость при высоких температурах нагрева. Важнейшей характеристикой материала рабочей части инструмента является износостойкость. Чем выше износостойкость, тем медленнее изнашивается инструмент и выше его

размерная стойкость. Это значит, что детали, последовательно обработанные одним и тем же инструментом, будут иметь минимальный разброс размеров. Материалы для изготовления режущих инструментов должны по возможности содержать наименьшее число дефицитных элементов.

Углеродистые инструментальные стали содержат 0,9...1,3% углерода С. Для изготовления инструментов применяют качественные стали У10А, У11А, У12А. После термической обработки стали (HRC₃, 60...62) имеют красностойкость в 200...250°С. При этой температуре твердость стали резко уменьшается, и инструменты не могут выполнять работу резания. Эти стали, имеют ограниченное применение, так как допустимые скорости резания не превышают 15...18м/мин. Из них изготавливают метчики, плашки, ножовочные полотна и другие инструменты.

Легированные инструментальные стали. Основой их служат инструментальные углеродистые стали, легированные хромом Х, вольфрамом В, ванадием Ф, кремнием С и другими элементами. После термообработки легированные стали (HRC₃, 62...64) имеют красностойкость 250...300°С. Легированные стали по сравнению с углеродистыми имеют повышенную вязкость в закаленном состоянии, более высокую прокаливаемость, меньшую склонность к деформациям и появлению трещин при закалке. Допустимая скорость резания 15...25 м/мин. Для изготовления протяжек, сверл, метчиков, плашек, разверток используют стали 9ХВГ, ХВГ, ХГ, 6ХС 9ХС и др.

Быстрорежущие стали содержат 8,9...19% W, 3,8...4,4%Сz, 2...10% Со и V. Для изготовления режущих инструментов используются стали Р9, Р12, Р18, Р6М3, Р6М5, Р9Ф5, Р14Ф4, Р18Ф2, Р9К5, Р9К10, Р10К5Ф2, Р10К5Ф5. Режущий инструмент из быстрорежущей стали (HRC₃, 62...65) после термической обработки имеет красностойкость 600...630°С и обладает повышенной износостойкостью. Он может работать со скоростями до 100 м/мин.

Сталь Р9 рекомендуют для изготовления инструментов простой формы (резцов, фрез, зенкеров). Для фасонных и сложных инструментов (для нарезания резьбы и зубьев), для которых основным требованием является

высокая износостойкость, рекомендуют использовать сталь P18. Кобальтовые быстрорежущие стали (P9K5, P18K5Ф2, P9K10) применяют для обработки деталей из труднообрабатываемых коррозионностойких и жаропрочных сталей и сплавов, в условиях тяжелого прерывистого резания, вибраций, при плохих условиях охлаждения.

Ванадиевые быстрорежущие стали (P9Ф5, P14Ф4) рекомендуют для изготовления инструментов, предназначенных для чистовой обработки (протяжки, развертки, цековки). Их можно применять для обработки деталей из труднообрабатываемых материалов при срезании стружек с небольшим поперечным сечением.

Вольфрам-молибденовые стали (P9M4, P6M3) используют для инструментов, работающих в условиях черновой обработки, а также для изготовления протяжек, фрез и других инструментов.

Для экономии быстрорежущих сталей режущий инструмент изготавливают сборным или сварным. Рабочую часть инструмента делают из быстрорежущей стали, которую сваривают с хвостовиком из углеродистой стали 45,50,40X и др. Часто используют пластинки из быстрорежущей стали, которые приваривают к державкам или корпусам инструментов.

Металлокерамические сплавы – это твердый раствор карбидов вольфрама, титана и тантала (WC, Ti C, Ta C) в металлическом кобальте (Co). Твердые сплавы применяют в виде пластинок определенных форм и размеров, изготавливаемых порошковой металлургией. Пластины предварительно прессуют, а затем спекают при температуре 1500...1900°C.

Твердые сплавы делят на группы: вольфрамовую – BK2, BK3, BK3M, BK4, BK4B, BK6, BK6B, BK8, BK8B, BK10, BK15, BK20, BK25; титановольфрамовую – T30K4, T15K6, T14K8, T5K10, T5K12B; титанотанталовольфрамовую – TT17K12, TT10K8B. Пластины твердого сплава (HRC_с 86...92) обладают высокой износостойкостью и красностойкостью (800...1000°C), что позволяет вести обработку со скоростями до 800 м/мин. Эти пластины припаивают к державкам или корпусам инструментов медными (латунными) припоями или крепят механическим способом.

В промышленности применяют многогранные неперетачиваемые твердосплавные пластинки (трех-, четырех-, пяти-, шестигранные и др.), которые крепят механическим способом. После изнашивания одной из режущих кромок пластинки в работу вводят следующие. Недостатком твердых сплавов является низкая пластичность. С уменьшением содержания кобальта и увеличением содержания карбидов титана их пластичность уменьшается.

Твердые сплавы группы ВК используют для обработки деталей из хрупких металлов, пластмасс и неметаллических материалов, а сплавы группы ТВК – для обработки деталей из пластичных и вязких материалов и сплавов. Мелкозернистые твердые сплавы (ВК6М и др.) применяют для обработки деталей из труднообрабатываемых коррозионностойких и жаропрочных сталей и сплавов, твердых чугунов, бронз, закаленных сталей, сплавов легких металлов, сплавов титана, фарфора, керамики, стекла, ферритов и т.п. Трехкарбидные сплавы ТТК отличаются от группы сплавов ВК, ТВК повышенной износостойкостью, прочностью и вязкостью. Эти сплавы применяют для обработки деталей из труднообрабатываемых сталей аустенитного класса.

Сложные по форме инструменты (сверла, зенкеры, развертки, элементы протяжек), а также инструменты небольших размеров часто изготавливают из пластифицированных твердых сплавов.

Минералокерамика – синтетический материал, основой которого является глинозем (Al_2O_3), подвергнутый спеканию при температуре 1720...1750°C. Минералокерамика марки ЦМ-332 (HRC₅ 91...93) имеет красностойкость 1200°C. Минералокерамика имеет высокую износостойкость и ее применяют для изготовления инструментов, к которым предъявляют повышенные требования по размерной стойкости. Ее малое родство с металлами исключает слипание с материалом обрабатываемой детали. Недостатком минералокерамики является прочность и большая хрупкость.

Пластинки из минералокерамики крепят к державкам резцов или корпусам инструментов механическим способом или, сделав металлизацию пластинок, крепят их пайкой. Инструменты, оснащенные пластинками из

минералокерамики, эффективно используют при полустойкой обработке деталей из сталей и цветных металлов в условиях безударной нагрузки. Для повышения эксплуатационных характеристик инструментов с пластинками из минералокерамики в нее добавляют W, Mo, V, Ti, Ni. Такие материалы называют керметами. Особое значение керметы приобретают при обработке деталей из труднообрабатываемых сталей и сплавов.

Алмазы составляют особую группу материалов. В промышленности используют природные (А) и синтетические алмазы марок АСО, АСР, АСБ, АСК, АСС, АСМ, АСН. Алмаз является самым твердым материалом, имеет высокую красностойкость и износостойкость. Недостатком алмазов является их повышенная хрупкость. Алмазы используют для изготовления алмазных инструментов (круги, пилы, бруски, ленты) и алмазных доводочных порошков. Кристаллы алмазов применяют для оснащения режущих инструментов (резцов, сверл и др.). Масса единичных кристаллов, идущих на оснащение режущих инструментов, составляет 0,2...0,8 карат (1 карат=0,2г).

Наиболее широко используют алмазные резцы, которые применяют при тонком точении или растачивании деталей из сплавов алюминия, бронз, латуней и неметаллических материалов. Алмазный инструмент применяют также для обработки деталей из твердых материалов, германия, кремния, полупроводниковых материалов, керамики, жаропрочных сталей и сплавов. При использовании алмазных инструментов повышается качество обработанных поверхностей деталей. Обработку ведут со скоростями более 100 м/мин. Поверхности деталей, обработанные в этих условиях, имеют низкую шероховатость и высокую точность размеров, так как алмазы имеют высокую размерную стойкость.

Для измерительного инструмента указывается его наименование и основные размеры (например, скоба предельная 25h9, микрометр 25-50), а для вспомогательного – наименование (оправка, резцедержавка, зажимная втулка и т.д.). В случае использования специального приспособления дается его название и шифр (или чертежный номер).

Расчетная длина обработки складывается из длины обрабатываемой

поверхности (определяется по эскизу и расчетам), величины врезания и выхода (перебега) инструмента. В случае обработки в многоместных приспособлениях последовательного типа в соответствующую графу операционной карты записывают расчетную длину обработки, отнесенную к одной детали. Нормы времени указываются до тысячных долей минуты.

Текст операционных карт должен быть написан чернилами чертежным шрифтом, эскиз можно выполнять карандашом. Пример оформления операционной карты механической обработки и операционного эскиза приведен в литературе /58...62/.

При разработке технологического процесса обработки деталей на станках с ЧПУ /15,16,19/ необходимо составить расчетно-технологическую карту в виде графического изображения траектории движения инструмента со всеми необходимыми пояснениями и расчетными размерами /17,18/ и рассчитать числовую управляющую программу автоматической работы станка ручным методом /18/ или с помощью ЭВМ /31/. Пример оформления документации приведен в литературе /58...62/.

После того, как выбраны станки, приспособления и инструмент, определены размеры обработки для всех переходов и режимы обработки, рассчитывают нормы основного и вспомогательного времени, а также штучно-калькуляционное время на операцию.

Технической нормой времени называется время, необходимое на выполнение операции в конкретных производственных условиях. Расчет заработной платы, входящей в себестоимость продукции, и сравнение трудоемкости различных операций производится на основании штучно-калькуляционного времени, которое определяется по формуле

$$T_{шк} = T_{шт} \frac{T_{пз}}{n}, \quad (1)$$

где $T_{шт}$ – штучное время в мин;

$T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время на партию деталей в мин;

n – количество деталей в партии.

Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$ – это время, затрачиваемое

рабочим на ознакомление с заданием и чертежом, подготовку рабочего места, наладку оборудования, установку и снятие приспособления; $T_{пв}$ определяется по нормативам /33,34,38,41,42,43/.

Количество деталей в партии можно определить исходя из годовой программы выпуска данных деталей N , запаса деталей в днях (сутках) T_y и числа рабочих дней в году Φ_k :

$$n = \frac{N}{\Phi_k} T_y. \quad (2)$$

Время T_y в условиях работы серийных заводов принимают равным 5 или 10 дням.

Штучное время в общем виде может быть представлено в виде суммы следующих слагаемых:

$$T_{штк} = T_o + T_v + T_{орг} + T_{тех} + T_{отд}. \quad (3)$$

Основное время. T_o – время, в течении которого происходит изменение формы, размеров или состояния поверхности обрабатываемой детали.

Для процессов механической обработки основное время определяется по формуле

$$T_o = i \frac{L}{S_M} = i \frac{L}{nS}, \quad (4)$$

где i – число проходов для снятия припуска;

L – длина рабочего хода в направлении подачи; мм;

S_M – подача, мм/мин;

n – частота вращения изделия или инструмента (об/мин) или число двойных ходов в мин;

S – подача на один оборот или двойной ход (изделия или инструмента), мм.

Длина рабочего хода в направлении подачи состоит из трех величин:

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (5)$$

где l – длина обрабатываемой поверхности в направлении подачи,

l_1 и l_2 – врезание и перебег инструмента.

Вспомогательное время T_v – время, затрачиваемое на создание условий

для выполнения основной работы.

Во вспомогательное время входит время на установку и снятие детали, на изменение режима работы оборудования, подвод и отвод инструмента, замену инструмента в процессе выполнения операции, измерение детали в процессе ее обработки и т.д. Определяется по нормативам /33,34,38,41,42,43/.

Основное и вспомогательное время составляет вместе оперативное время:

$$T_{оп} = T_o + T_в. \quad (6)$$

Время технического обслуживания рабочего места $T_{тех}$ – время, затрачиваемое на смену притупившегося инструмента, регулирование инструмента, под наладку оборудования в процессе работы, сметание стружки и т.д.

Время организационного обслуживания рабочего места $T_{орг}$ – время, затрачиваемое на раскладку и уборку инструмента перед началом и в конце работы, получение инструмента, смазку станка и т.д.

В некоторых случаях, когда сложно или нецелесообразно определять в отдельности время $T_{тех}$ и время $T_{орг}$, определяют время обслуживания рабочего места:

$$T_{обс} = T_{тех} + T_{орг}. \quad (7)$$

Время на отдых и личные надобности рабочего $T_{отд}$ определяется по нормативам.

Общая формула для расчета штучного времени в условиях серийного производства включает в себя основное и вспомогательное время, а также доли времени технического и организованного обслуживания и времени на отдых и личные надобности:

$$T_{шт} = (T_o + T_в) \left(1 + \frac{\alpha}{100} + \frac{\beta}{100} + \frac{\gamma}{100} \right), \quad (8)$$

где α – отношение времени на техническое обслуживание рабочего места к оперативному времени, %;

β – отношение времени организованного обслуживания рабочего времени к оперативному времени, %;

γ – отношение времени на отдых и личные надобности к оперативному времени, %.

Величины этих коэффициентов составляют: $\alpha = (2 \dots 10)\%$, $\beta = (1 \dots 8)\%$, $\gamma = (1 \dots 5)\%$.

Рассчитанные режимы резания и нормы времени вносятся в операционные и маршрутные карты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология самолетостроения: Учебник для авиац. вузов/А.Л. Абибов, Н.М. Бирюков и др. Под ред. А.Л. Абибова. Изд.2-е. – М.: Машиностроение, 1982-551с.
2. СТП СГАУ 6.1.4. – 97. Общие требования к оформлению учебных текстовых документов: Методические указания. – Самара, СГАУ, 1997.- 19с.
3. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие в трех книгах. Кн.2. Изд. 2-е. – М.: Машиностроение, 1977.-574с.
4. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т.М.: Машиностроение,1979.Т.1. – 728 с.
5. Вигдорчик С.А. Технологические основы проектирования и конструирования самолетов: Конспект лекций. Ч.2. – М.: МАИ, 1975. – 129 с.
6. Долматовский Г.А. Справочник технолога по обработке металлов резанием. 3-е изд. – М.: Машгиз, 1962. – 123 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Изд.3-е, перераб. – М.: Машиностроение, 1973.Т.1. – 694 с.; Т.2. – 568 с.
8. Справочник металлиста. В 5 т. Изд. 3-е, перераб. – М.: Машиностроение, 1976.Т.1. – 768 с.; Т.2. – 717 с.; Т.3. – 718 с; Т.4. – 707 с.; Т.5. – 680 с.
9. Егоров М.Е. Технология машиностроения: Учебник для вузов./ Под общ. ред. М.Е. Егорова. 2-е изд., доп. – М.: Высшая школа, 1976.-534с.
- 10.Фираго В.П. Основы проектирования технологических процессов и приспособлений. Методы обработки поверхностей.2-е изд. – М.: Машиностроение, 1973. – 468 с.
- 11.Дипломное проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для вузов/ В.В. Бабук, П.А. Горезко, К.П. Забродин и др. Под общ. ред. В.В. Бабука. – Минск: Высшая школа, 1979. – 464 с.
- 12.Кован В.М. Расчет припусков на обработку в машиностроении: Справочное пособие. – М.:Машгиз,1953. – 207 с.

- 13.Иващенко И.А. Проектирование технологических процессов производства двигателей летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1981. – 224 с.
- 14.Металлорежущие станки. Каталог-справочник/Под общ. ред. А.М. Кучера. – М.: Машгиз, 1963. – 282 с.
- 15.Зазерский Е.И., Жолнерчик С.И. Технология обработки деталей на станках с программным управлением. – Л.: Машиностроение, 1975. – 208 с.
- 16.Маталин А.А. Технология машиностроения. – Л.: Машиностроение, 1985. – 512 с.
- 17.Косенко И.Н. Обработка деталей на токарных станках с числовым программным управлением: Учеб. пособие – Куйбышев: КуАИ, 1977. – 88 с.
- 18.Желтов И.Н. Обработка деталей на фрезерных станках с числовым программным управлением: Конспект лекций. – Куйбышев: КуАИ, 1977.- 56с.
- 19.Станки с программным управлением: Справочник/ Под общ. ред. Г.А. Монахова. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.
- 20.Тиллес С.А. Экономика технологических процессов механической обработки. 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1964. – 299 с.
- 21.Зернов И.А. Экономический анализ технологических процессов механической обработки. – М.: МАИ, 1964. – 99 с.
- 22.Плоткин И.Б. Операционные припуски и допуски на механическую обработку: Справочник. – М.: Машгиз, 1947.-120с.
- 23.Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высшая школа, 1983.-256с.
- 24.Рудман М.Д. Кодирование конструкторской и технологической документации при выполнении студентами самостоятельных работ: Учеб. пособие. – Самара: СГАУ, 1992.-46с.
- 25.ГОСТ 12.105-95. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. – М.: Издательство стандартов, 1996.-36с.

- 26.Методика отработки конструкций на технологичность и оценки уровня технологичности изделий машиностроения и приспособления. – М.: Изд-во стандартов, 1976. - 56с.
- 27.ЕСТПП. Выбор и рациональное применение систем станочных приспособлений. Метод. указания. – М.: Изд-во стандартов, 1979. - 88с.
- 28.Универсальные металлорежущие станки, выпускаемые предприятиями министерства станкостроительной и инструментальной промышленности в 1980-81 гг.: Справочник. – М.: НИИМАШ, 1980. - 124с.
- 29.Режимы резания металлов: Справочник/ Под ред. Ю.В. Барановского. 3-е изд. – М.: Машиностроение,1972. - 407с.
- 30.Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих. Вып.2. – М.: Машиностроение,1973. - 656с.
- 31.Подготовка программ для обработки деталей на фрезерных станках с числовым программным управлением. /Под общ. ред. Р.Э. Сафраган. – М.:МИАТ, 1971. – 500с.
- 32.Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т./ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. Т.1. – М.: Машиностроение,1985. – 656с. Т.2. – М.: Машиностроение, 1986. – 496с.
- 33.Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч.1. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, строгальные, долбежные и фрезерные станки. – М.: Машиностроение, 1974. – 416с.
- 34.Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч.2. Зубодолбежные, горизонтально-расточные, резьбонакатные и отрезные станки. – М.: Машиностроение, 1974. – 200с.
- 35.Режимы резания авиационных материалов при точении: Метод. указания / Сост. В.И. Лепилин, В.М. Зайцев. – Куйбышев: КуАИ, 1988. – 38 с.
- 36.Режимы резания авиационных материалов при точении: Метод указания /Сост. В.И. Лепилин, В.М. Зайцев. – Куйбышев,1988. – 48с.

37. Режимы резания авиационных материалов при точении: Исходные и нормативные материалы/ Сост. В.И. Лепилин, В.М. Зайцев. – Куйбышев, 1988. – 44с.
38. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на шлифовальных и доводочных станках. – М.: Машиностроение, 1974. – 203с.
39. Металлорежущие станки. 1990-1991 гг. Номенклатурный каталог. Ч.1. Универсальные станки. Ч.2. Специальные и специализированные станки. – М.: ВНИИТЭМР, 1990.
40. Методика оценки эффективности обработки самолетных деталей на станках с ЧПУ: Метод. указания. – М.: МАИ, 1984. – 40с.
41. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на протяжных станках. – М.: Машиностроение, 1969. – 199с.
42. Нормативы режимов резания и времени на точение, фрезерование, сверление, зенкерование и развертывание цветных металлов. – М.: НИАТ, 1973. – 203с.
43. Нормативы режимов резания и основного, вспомогательного и подготовительно-заключительного времени на шлифование. – М.: Оборонгиз, 1953. – 363с.
44. ГОСТ 3.1201-85. Система обозначения технологической документации. – М., 1986.
45. ГОСТ 14.205-83. Технологичность конструкции изделия. Термины и определения. – М., 1983.
46. ГОСТ 14.201-83. Общие правила обеспечения технологичности конструкции изделия. – М., 1984.
47. ОСТ 1.41187-78. Заготовки штампованные. Допуски на размеры и припуски на обработку. – М., 1978.
48. ОСТ 1.41188-73. Заготовки штампованные. Конструктивные элементы. – М., 1978.
49. ГОСТ 17420-72. Операции механической обработки резанием. Термины и

- определения. – М., 1972.
- 50.ГОСТ 25761-83. Виды обработки резанием. Термины и определения общих понятий. – М., 1984.
- 51.ГОСТ 25762-83. Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий. – М., 1984.
- 52.ГОСТ 277782-88. Материалоёмкость изделий машиностроения. Термины и определения. – М., 1989.
- 53.ГОСТ 3.1107-81 ЕСТД. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения. – М., 1982.
- 54.ГОСТ 3.1116-79 ЕСТД. Нормоконтроль. – М., 1981
- 55.ГОСТ 3.1118-82 ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутных карт. – М., 1984.
- 56.ОСТ 1.41154-82. Отливки из сплавов на основе алюминия, магния, меди, свинца, цинка, железа, никеля. Допуски на размеры и припуски на механическую обработку. – М., – 1982 г.
- 57.ОСТ 1.41512-86. Детали механообрабатываемые. Размеры технологические нормальные. Припуски и допуски межоперационные на механическую обработку. – М., – 1974.
- 58.ГОСТ 3.1105-84 ЕСТД. Правила оформления документов общего назначения. – М., – 1984.
- 59.ГОСТ 3.1119-83 ЕСТД. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов на единичные технологические процессы. – М., – 1985.
- 60.ГОСТ 3.1120-83 ЕСТД. Общие правила отражения и оформления требований безопасности труда в технологической документации. – М., – 1985
- 61.ГОСТ 3.1404-86. ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием. – М., – 1987.
- 62.ГОСТ 3.1702-79 ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием. – М., – 1981.
- 63.ГОСТ 14.206-73. Технологический контроль конструкторской

документации. – М., – 1975.

- 64.Классификатор машиностроительных изделий. Учебное пособие./ А.Н. Чекмарёв, Н.Н. Желтов. – Самара: СГАУ,1999. – 50с.

Учебное издание

ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

Учебное пособие

Составители: Комаров Анатолий Дмитриевич
Желтов Игорь Николаевич
Моисеев Виктор Кузьмич
Шалавин Владимир Васильевич
Шаров Андрей Алексеевич

Самарский государственный аэрокосмический университет

имени академика С.П. Королёва

443086, Самара, Московское шоссе, 34.