

Федеральное агентство по образованию
САНКТ–ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Приоритетный национальный проект «Образование»

**Инновационная образовательная программа
Санкт-Петербургского государственного политехнического
университета**

100-летию создания кафедры
«Технология конструкционных материалов»
в ГОУ «СПбГПУ» посвящается

ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.

ПРАКТИКУМ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ МЕТОДАМ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК

Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по университетскому политехническому образованию в качестве
учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлениям подготовки и специальностям
техники и технологии

Санкт-Петербург
Издательство Политехнического университета

2007

УДК 620:621.9 (075.8)

ББК 34.5я73

Т384

Технология конструкционных материалов. Практикум по технологическим методам обработки заготовок: Учебное пособие. Ю. М. Барон, Г. П. Дзельтен, В. С. Кобчиков, В. С. Медко, М. Т. Коротких, В. И. Никифоров, Л. А. Ушомирская / Под ред. В. И. Никифорова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. – 304 с.

Рецензенты: профессор, д. т. н. Санкт-Петербургской лесотехнической академии А. М. Кочнев;
профессор, к. т. н. Санкт-Петербургского государственного политехнического университета Э. Л. Жуков.

Пособие соответствует государственным образовательным стандартам направлений подготовки и специальностей в области техники и технологии и содержанию примерной учебной программы дисциплины ОПД.Ф.03 «Материаловедение. Технология конструкционных материалов».

Содержит сведения по содержанию и методике проведения лабораторных работ, упражнений и занятий в учебных мастерских, относящихся к обработке заготовок технологическими методами резания и обработке с применением электрофизических и электрохимических технологий.

Предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям и специальностям в области техники и технологии при изучении дисциплины «Материаловедение. Технология конструкционных материалов». Пособие может быть использовано также в системах непрерывного профессионального образования.

Работа выполнена в рамках реализации Инновационной образовательной программы Санкт-Петербургского государственного политехнического университета «Развитие политехнической системы подготовки кадров в инновационной среде науки и высокотехнологичных производств Северо–Западного региона России».

Печатается по решению редакционно-издательского совета Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

© В. И. Никифоров

© Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет, 2007

ОГЛАВЛЕНИЕ

Условные обозначения физических величин	5
Предисловие	8
Введение	12
1. Лабораторные работы	19
1.1. Токарные работы, назначение и устройство токарно- винторезного станка	20
1.2. Фрезерные работы, назначение и устройство универсаль- ного горизонтально-фрезерного станка	44
1.3. Сверление, зенкерование, развертывание отверстий и наре- зание резьбы на радиально-сверлильном станке	65
1.4. Токарный резец, его части и элементы	77
1.5. Экспериментальное определение зависимости главной составляющей силы резания P_z при точении от элементов режима резания	85
1.6. Экспериментальное определение зависимости температуры резания при точении от элементов режима резания	93
1.7. Назначение и устройство токарно-револьверного станка ...	99
1.8. Назначение и устройство токарно-револьверного автомата	113
1.9. Назначение и устройство зубофрезерного станка	126
1.10. Назначение и устройство плоскошлифовального станка и шлифовальный инструмент	140
1.11. Гибкий токарный производственный модуль модели 16A20Ф3 M132	153
1.12. Назначение и устройство электроискрового станка модели 57М	164
1.13. Определение зависимостей технологических характери- стик электрохимического травления заготовки от плотности тока ...	175
2. Упражнения	182
2.1. Назначение режима резания при точении	183
2.2. Изучение металлорежущего инструмента	196
2.3. Разработка технологического процесса изготовления детали	204

2.4. Покрытия, их характеристики и выбор марки покрытия	219
3. Демонстрации	239
3.1. Демонстрация токарных, фрезерных и сверлильных работ и элементов их технологических систем	240
3.2. Демонстрация автоматизированных технологических про- цессов	246
4. Учебные мастерские	257
4.1. Точение цилиндрических и торцовых поверхностей, кана- вок и разрезание заготовок	258
4.2. Точение конических поверхностей и нарезание резьб	265
4.3. Фрезерование плоскостей и уступов	276
4.4. Слесарная обработка заготовок	289
Литература	301
Приложение. Классификация металлорежущих станков	302

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

№ п.п.	Физическая величина		Единица физической величины	
	наименование	обозначение	наименование	обозначение
1	2	3	4	5
1	Время	τ	секунда	с
2	Высота	h	метр	м
3	Высота неровностей профиля поверхности по десяти точкам	Rz	микрометр	мкм
4	Вес (сила тяжести)	P	ньютон	Н
5	Глубина резания	t	метр	м
6	Давление	p	паскаль	Па
7	Диаметр	D	метр	м
8	Длина	ℓ	метр	м
9	Емкость электрическая	C	фарада	Ф
10	Зазор (межэлектродный)	δ	метр	м
11	Заряд электрона	e	кулон	Кл
12	Количество электричества	Q	кулон	Кл
13	Коэффициент полезного действия	k_{η}	безразмерный	—
14	Масса	m	килограмм	кг
15	Момент крутящий	$M_{кр}$	ньютон–метр	Н·м
16	Мощность	N	ватт	Вт
17	Напряжение электрическое	U	вольт	В
18	Объем:	V	метр в кубе	м ³
19	– удельный	ν	метр в кубе на килограмм	м ³ /кг
20	Плотность–объемная	ρ_V	килограмм на метр в кубе	кг/м ³

1	2	3	4	5
21	Плотность мощности	ρ_N	ватт на метр в квадрате	Вт/м ²
22	Плотность тока	ρ_i	ампер на метр в квадрате	А/м ²
23	Площадь	S	квадратный метр	м ²
24	Погрешность обработки	Δ	метр	м
25	Подача за один оборот	S_o	метр за один оборот	м/об
26	Подача в одну минуту	S_m	метр за одну минуту	м/мин
27	Подача на один зуб	S_z	метр на один зуб (режущее лезвие)	м/зуб
28	Припуск	Z	метр	м
29	Производительность:	Π		
30	– штучная	$\Pi_{шт}$	штук в секунду	шт/с
31	– по объему	Π_v	метр кубический в секунду	м ³ /с
32	– по массе	Π_m	килограмм в секунду	кг/с
33	– по площади	Π_s	метр квадрат- ный в секунду	м ² /с
34	Работа	A	джоуль	Дж
35	Радиус	R, r	метр	м
36	Сила	P	ньютон	Н
37	– трения	F	ньютон	Н
38	– нормальная	N	ньютон	Н
39	Сила электрического тока	I	ампер	А
40	Скорость:	v		
41	– скорость главного движения резания	v	метр в секунду	м/с

1	2	3	4	5
42	– скорость подачи	v_s	метр в секунду	м/с
43	Сопротивление электрическое	R	ом	Ом
44	Среднее арифметическое отклонение профиля поверхности от средней линии	Ra	микрометр	мкм
45	Температура	θ	градус Цельсия	$^{\circ}\text{C}$
46	Частота вращения	n	секунда в минус первой степени	с^{-1}
47	Частота периодического процесса (колебаний)	f	герц	Гц
48	Число изделий (партия)	N	штук	шт
49	Число режущих лезвий (зубьев)	z	штук	шт
50	Число рабочих ходов	i	ход	ход
51	Ширина	b	метр	м
52	Энергия	W	джоуль	Дж

Примечание. При использовании в пособии физической величины с иной единицей измерения, чем указано в столбце 4, после ее введения в тексте или после соответствующей формулы приводится принятая размерность величины.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В учебных планах высшей школы важнейшим и основополагающим в становлении выпускников как специалистов широкого профиля является цикл общепрофессиональных дисциплин. Среди этих дисциплин первичной в области технологической подготовки студентов выступает дисциплина «Технология конструкционных материалов» (ТКМ). Эта дисциплина с тем или иным изменением в наименовании входит в большинство учебных планов подготовки бакалавров и специалистов образовательной области «Техника и технологии».

Трудоемкость изучения дисциплины ТКМ в соответствии с государственными образовательными стандартами подготовки выпускников колеблется в весьма значительных пределах: от 50 до 238 часов. Такие различия имеют место даже в образовательных стандартах близких направлений подготовки бакалавров и специалистов. И все же методические и содержательные основы этой дисциплины для разных направлений подготовки и специальностей инженерной направленности общие, что вытекает из сущности деятельности инженера как творца новой техники и технологий.

Цель дисциплины «Технология конструкционных материалов» в традиционном ее содержании может быть представлена в виде следующих обобщенных знаний и умений выпускника.

Знания конструкционных материалов и их свойств, технологических методов получения заготовок и их обработки с целью изготовления изделий заданных форм, размеров и качества поверхностного слоя, физико-химических основ и параметров технологических методов, области их применения, технологического оборудования и инструмента.

Умения осуществлять выбор технологического метода получения заготовки и ее обработки в зависимости от марки конструкционного материала заготовки, заданных характеристик заготовки и детали; умения назначать припуск на обработку и проектировать заготовку по заданному чертежу детали, читать и изображать технологические схемы, выбирать

технологическое оборудование и инструмент для получения и обработки заготовок.

При этом глубина и степень фундаментальности сформулированных цели и задач в соответствии с направлением подготовки или специальностью будущего специалиста могут широко варьироваться.

Воспитательные и развивающие цели ТКМ состоят в формировании таких профессионально значимых качеств личности специалиста, работающего в области техники и технологий, как эрудированность, самостоятельность, наблюдательность, обоснованность принятия решений, умение планировать свою деятельность, системное мышление, технологическое мышление, образное и пространственное мышление, долговременная память.

Характеризуя учебную дисциплину ТКМ как первую технологическую дисциплину учебных планов подготовки специалистов в области техники и технологии, следует отметить, что в традиционном понимании ее содержание не охватывает всю совокупность общепрофессиональных сведений о технологии изготовления изделий. Так, рассматривая аспекты производственного процесса, следует, с одной стороны, говорить о технологических методах получения материала, изготовления и обработки заготовок, а, с другой стороны, о последовательности реализации технологических методов в рамках технологического процесса изготовления изделия. И эта последняя составляющая знаний и умений в традиционные программы дисциплины ТКМ не входит.

Учитывая, что для многих направлений подготовки и специальностей образовательной области «Техника и технологии» ТКМ является единственной технологической дисциплиной, следует говорить о необходимости расширения области формируемых знаний и умений для таких направлений и специальностей в рамках курса ТКМ. В перечень дополнительных знаний и умений должны включаться элементы, относящиеся к сфере построения технологических процессов. Без владения знаниями и умениями в этой области говорить о формировании системной компетентности выпускника в сфере производственного процесса невозможно.

С учетом этих обстоятельств создано учебное пособие «Технология конструкционных материалов. Практикум по технологическим методам обработки заготовок». **Целью пособия** является создание системы учебного

материала по практическим занятиям студентов, обеспечивающим формирование их умений в решении технологических задач.

Учебное пособие «Технология конструкционных материалов. Практикум по технологическим методам обработки заготовок» содержит систему лабораторных работ по технологическим методам обработки заготовок резанием, электрофизическими и электрохимическими методами, а также по методам нанесения покрытий на поверхность заготовки.

Перечень приведенных в этом пособии учебных работ охватывает все разделы учебной дисциплины ТКМ практическими занятиями, представляет их в разнообразии организационных форм и по своему объему значительно перекрывает те объемы трудоемкости изучения дисциплины ТКМ, которые характерны сегодня для содержания государственных образовательных стандартов. Это позволяет вузам, решающим задачу создания системы практических занятий, в зависимости от объема часов, выделенных в ГОС на конкретную специальность или направление подготовки, от профиля деятельности будущих выпускников, от наличия и состава учебно-материальной базы, выбрать из приведенного перечня практических занятий именно те, организационные формы, виды и содержание которых решают как методические, так и организационные проблемы постановки этой важнейшей общепрофессиональной дисциплины.

Решение Всероссийского совещания заведующих кафедрами материаловедения и технологии конструкционных материалов, проведенное в г. Ярославль 17–19 сентября 2002 г., констатировало в части ведения практических работ необходимость «... наличия в учебных планах курсовых проектов (работ), необходимого количества лабораторных работ, сохранения и организации в вузах учебных мастерских». С целью реализации этого решения и акцентирования внимания на значимости учебных мастерских для формирования наглядно-образного мышления студентов в практикум включены методические материалы по проведению учебных мастерских.

В профессиональной школе России все большее распространение получают системы непрерывного образования. В сфере профессиональной деятельности молодого человека непрерывность профессионального образования реализуется через комплекс профессиональных образовательных учреждений, включающих учреждения начального–, среднего– и высшего

профессионального образования (НПО, СПО, ВПО). Содержание учебного пособия и реализуемый в основном феноменологический уровень представляемого в дисциплине ТКМ материала позволяет использовать его для изучения и в образовательных учреждениях НПО и СПО.

Учебное пособие рекомендуется для студентов, обучающихся по направлениям подготовки и специальностям в образовательной области «Техника и технологии». В то же время его можно использовать и при подготовке специалистов других групп направлений подготовки и специальностей ВПО. К ним можно отнести педагогические специальности, ориентированные на подготовку педагогов в области техники и технологии в системах НПО и СПО; для подготовки инженерно-экономических специальностей, ряда специальностей сельскохозяйственного и других укрупненных профилей подготовки, в рамках которых готовятся специалисты для применения и ремонта соответствующей, используемой в данной отрасли техники и механосборочных технологий.

В содержании учебного пособия нашел отражение опыт, накопленный кафедрой «Технология конструкционных материалов» Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, основанной профессором В. В. Савиным в 1907 году. При ее создании использованы особенности методологии преподавания дисциплины, сложившиеся в Университете (ранее – Ленинградском политехническом институте имени М. И. Калинина) в результате разработок известных отечественных ученых Я. Г. Усачева, А. И. Челюсткина, А. М. Вульфа, Л. С. Мурашкина, В. Г. Подпоркина, М. А. Шатерина.

Пособие подготовлено коллективом авторов Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Работы 1.5 и 1.7 написаны профессором, докт. техн. наук Ю. М. Бароном; работа 2.1 – доцентом, канд. техн. наук Г. П. Дзельтенем; работы 1.2, 1.3, 1.11, 2.3, 4.3 – доцентом канд. техн. наук В. С. Кобчиковым; работы 2.2, 2.4, 3.1, 3.2 – профессором, докт. техн. наук М. Т. Коротких; работа 4.4 и приложение 1 – доцентом, канд. техн. наук В. С. Медко; введение, предисловие, работы 1.1, 1.4, 1.8, 1.9, 1.10, 1.13, 4.1, 4.2, – профессором, канд. техн. наук В. И. Никифоровым; работы 1.6 и 1.12 – профессором, докт. техн. наук Л. А. Ушомирской.

ВВЕДЕНИЕ

Технология конструкционных материалов (ТКМ) является учебной дисциплиной, к объектам изучения которой относят конструкционные материалы, их характеристики и технологические методы формообразования заготовок и деталей машин, реализуемые в рамках производственного процесса изготовления изделий.

При этом понятие *технологический метод* рассматривается в данном контексте как совокупность правил, определяющих последовательность и содержание действий при изготовлении или ремонте изделия, установленных безотносительно к его наименованию, типоразмеру или исполнению.

Данная книга, «Технология конструкционных материалов. Практикум по технологическим методам обработки заготовок», содержит методические указания по содержанию, организации и методике проведения занятий в лабораториях и учебных мастерских механического профиля по технологическим методам обработки заготовок резанием и обработки электрофизическими и электрохимическими методами, а также по методам нанесения покрытий на поверхность заготовки.

Перечень видов практических занятий, используемых в рамках изучения дисциплины «Технология конструкционных материалов» и реализованных в виде данного практикума, включает: лабораторные работы; упражнения; демонстрационные занятия; занятия в учебных мастерских.

Лабораторные занятия предназначены для углубленного изучения научно-теоретических основ дисциплины ТКМ, элементов технологической системы, в рамках которой реализуется обработка, применительно к основным технологическим методам обработки заготовок точением, фрезерованием, сверлением, развертыванием, шлифованием, методам электроискровой, электрохимической и ионно-вакуумной обработки.

Выполняя эти работы, студенты знакомятся с таким металлорежущим оборудованием, как станки с механическим и гидравлическим приводами, станки для обработки лезвийными и абразивными инструментами, станки с разной степенью универсальности и автоматизации. Изучаются

токарный станок с кулачковой системой автоматического управления и токарный гибкий производственный модуль с числовым программным управлением.

Выполнение некоторых лабораторных работ исследовательскими методами направлено на овладение студентами современными методами и умениями экспериментирования с применением разнообразной технологической оснастки.

Занятия в учебных мастерских проводятся в виде практических работ студентов на металлорежущих станках токарной, фрезерной, сверлильной групп и на слесарном участке. Эти занятия не ставят задачу формирования умения студента выполнять трудовые приемы и операции на уровне умений рабочих какого-либо квалификационного разряда, т. е. приобретения рабочей профессии. Они позволяют:

- формировать наглядно–образное представление о процессах получения и обработки заготовок, об оборудовании и инструменте;
- включить в процесс запоминания учебного материала моторную память;
- сформировать первичные умения по выполнению элементарных действий на технологическом оборудовании;
- воспитать чувство уважения к труду, к рабочему человеку;
- создать чувственное восприятие процесса получения и обработки заготовок.

Представленные в пособии практические работы структурно унифицированы. Они содержат цель и задачи занятия, его теоретические основы, являющиеся практическими дополнениями к теоретическому материалу лекций по дисциплине ТКМ, методику проведения работы, индивидуальные задания и содержание отчета.

Технологические методы получения и обработки заготовок реализуются в рамках определенной технологической системы. В связи с этим при постановке практических занятий материал изучения охватывает все элементы технологической системы, в том числе оборудование, инструмент, технологическую оснастку, среду обработки, характеристики заготовки и изготавливаемой детали.

Формирование умений в области технологических методов получения заготовок и их обработки возможно только на основе углубленной

самостоятельной работы студента. В связи с этим каждая представленная в пособии работа подразумевает при наличии общей части определенную самостоятельную работу студента, осуществляемую при подготовке к занятию, при выполнении индивидуального задания и при подготовке отчета. В ходе самостоятельной работы студент может расширить свои знания путем использования основной [1, 2] и дополнительной литературы [3–11], приведенной в разделе «Литература». В тех случаях, когда обращение к дополнительной литературе обязательно, в рамках конкретного материала практической работы дана ссылка на использование соответствующих изданий из указанного в разделе «Литература» списка для получения необходимых сведений.

Теоретический материал, содержащийся в каждой лабораторной работе, каждом упражнении, в демонстрационных занятиях и в учебных мастерских, является кратким изложением основ реализации технологического метода обработки и строится на базе примерной учебной программы дисциплины ТКМ, утвержденной Научно-методическим советом Министерства образования и науки Российской Федерации по учебной дисциплине «Материаловедение. Технология конструкционных материалов».

Характеристики точности обработки и качества поверхности детали. Механизмы машин и приборов состоят из взаимно соединенных узлов и деталей. Конструкции этих соединений должны обеспечить точность их расположения и перемещений, надежность эксплуатации изделия, простоту его ремонта. Поэтому к параметрам соединений предъявляются различные требования. В одних случаях необходимо получить подвижное соединение деталей, например вала с отверстием при наличии зазора определенного размера между ними. В других — неподвижное соединение с натягом, при котором диаметр вала больше диаметра отверстия.

Наличие зазоров или натягов в соединении и их значения определяются соотношением размеров сопрягаемых поверхностей и *точностью размеров*, под которой понимают степень соответствия действительного, определенного измерением значения размера к его заранее установленному чертежом значению. Точность характеризуется отклонением действительного размера от номинального. *Номинальные размеры* являются размерами деталей, получаемыми в результате расчетов на прочность, жесткость, износостойкость или назначаемыми исходя из конструктивных и технологических соображений.

При изготовлении деталей их размеры выполняются с погрешностями. Таким образом, разброс действительных размеров неизбежен, но при этом должна обеспечиваться работоспособность деталей в соединении. Последнее требует, чтобы действительные размеры годных деталей находились в некоторых допустимых пределах, называемых наибольшими и наименьшим предельными размерами. Алгебраическую разность между предельным и номинальным размером называют *отклонением*. Соответственно наличию наибольшего и наименьшего предельных размеров существуют верхнее и нижнее отклонения.

Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами детали называется *допуском*. *Допуск* на размер является мерой его точности. С уменьшением допуска повышается точность размера и наоборот. Допуски на изготовление детали назначает конструктор исходя из условий ее работы, размеров и технологических возможностей изготовления. При этом различные технологические методы получения и обработки заготовок обладают определенной экономически достижимой точностью. Поэтому задание того или иного допуска на деталь обуславливают выбор и последовательность применения соответствующих технологических методов.

В соответствии со стандартом ГОСТ 25346-89 установлены ряды допусков, рассматриваемых как соответствующие одному уровню точности для всех номинальных размеров и называемые *квалитетами*. Всего существует 20 квалитетов точности, которые обозначают порядковым номером, возрастающим с увеличением допуска: 0,1; 0; 1; 2; ...; 18. В машиностроении обычно используют 5–14-й квалитеты точности. Сокращенно допуск по конкретному квалитету точности обозначают латинскими буквами *IT* и номером квалитета, например *IT8*.

Допуск на изготовление того или иного размера проставляют на чертеже детали в виде указания максимального и минимального отклонений от номинального размера. Предельные отклонения от номинального размера чаще всего указывают на чертеже буквенно-цифровым кодом, например *15h8*. В этом коде первые цифры (*а*) соответствуют значению номинального размера, следующая за ним буква (*ы*) указывает поле (место) расположения допуска относительно номинального размера, а цифра характеризует квалитет точности, т. е. величину допуска на номинальный

размер. Для перевода таких кодов в цифровые значения существуют специальные таблицы.

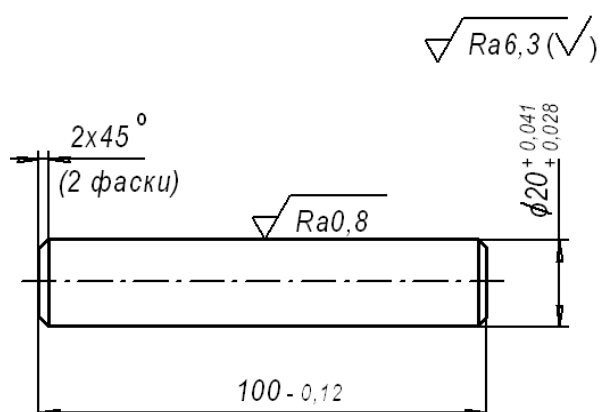


Рис. 1, в. Простановка размеров и параметров шероховатости поверхности на чертеже

Допускается указывать на чертеже предельные отклонения и в виде их числовых значений (рис. 1. В). При этом нулевые отклонения не проставляют.

В тех случаях, когда размер или размеры детали выполняются с относительно низкой точностью буквенно-цифровой код или просто

отклонения на эти размеры не проставляют. Для указания на качество точности таких размеров внизу чертежа ставят буквенно-цифровые индексы, например $H14$, $h14$, $\pm IT14/2$. Они обозначают, что размеры, у которых не проставлены отклонения, выполняются по 14 качеству точности. При этом отклонения для охватываемых размеров (валов) следует выполнять по $h14$, охватываемых (отверстий) – $H14$, прочие размеры должны иметь симметричные отклонения $\pm IT14/2$.

Реальная поверхность детали, полученная в процессе обработки заготовки, отличается от идеальной геометрической поверхности детали, изображаемой на чертеже. Она всегда имеет неровности различной формы и высоты в виде выступов и впадин с небольшими расстояниями между ними. Эта совокупность неровностей представляет собой *шероховатость поверхности*. Данную характеристику поверхности принято определять по ее профилю, который образуется в сечении поверхности перпендикулярной к ней плоскостью (рис. 2, в).

Получаемый профиль рассматривают на некоторой длине базовой линии, используемой для выделения неровностей и количественного определения их параметров. В качестве базовой линии служит *средняя линия профиля*. Выступы и впадины профиля представляют собой части профиля, ограниченные контуром реальной поверхности и средней линией профиля. Шероховатости оценивают на любом участке обработанной поверхности, который имеет длину не менее базовой длины ℓ .

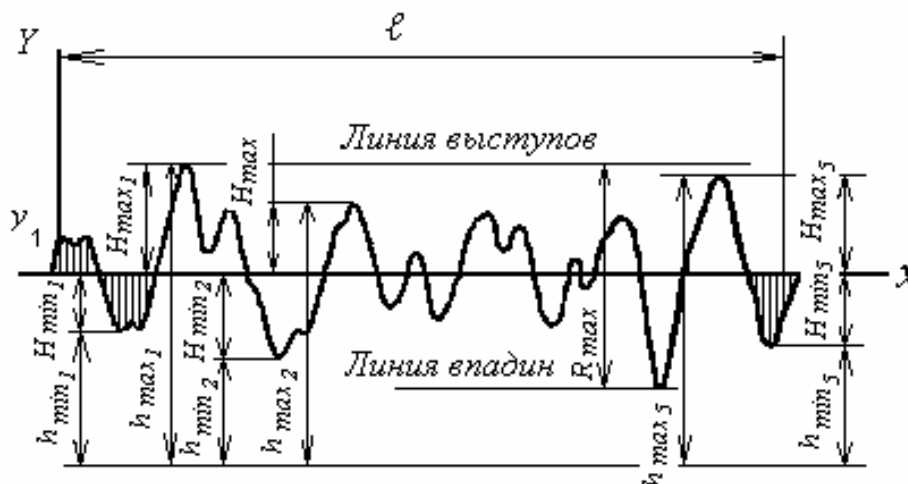


Рис. 2, в. Профиль шероховатости и его характеристики

ГОСТ 2789–73 устанавливает шесть параметров шероховатости. Из них в машиностроении наибольшее распространение получили высотные критерии Rz и Ra .

Высота поверхности профиля по десяти точкам Rz , мкм, представляет собой сумму средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и пяти глубин наибольших впадин профиля в пределах базовой длины ℓ :

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

Значения величин Rz находятся в пределах 0,025–1600 мкм.

Среднее арифметическое отклонение профиля Ra , мкм, представляет собой среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины ℓ :

$$Ra = \frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} |y(x)| dx,$$

где y — расстояние между любой точкой профиля и средней линией.

Значения величин Ra находятся в пределах от 0,08 до 100 мкм. Приблизительное соотношение параметров Rz и Ra составляет $Rz \approx 4Ra$.

Для характеристики шероховатости поверхности на чертежах в соответствии с ГОСТ 2.309-73 используется один из знаков, представленных на рис. 3, в.

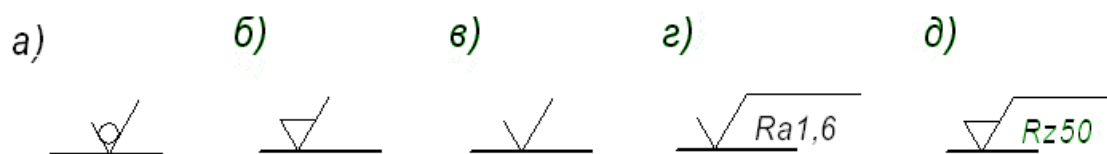


Рис. 3, в. Обозначение шероховатости поверхностей: *а* — полученных литьем, ковкой, прокатом и т. д., т. е. без удаления материала; *б* — образованных удалением слоя материала резанием; *в* — полученных не устанавливаемым способом обработки; *г*, *д* — с установленным способом и параметром обработки

Требования к шероховатости поверхности устанавливают, исходя из функционального назначения деталей конкретных изделий и их конструктивных особенностей. От шероховатости поверхности во многом зависят: износостойкость деталей, точность и прочность их сопряжения, контактная жесткость, коррозионная стойкость и усталостная прочность.

Следует отметить, что качество поверхности детали помимо ее шероховатости определяется также отсутствием трещин, структурой приповерхностных слоев материала, наличием здесь пластических деформаций и остаточных напряжений. Чем более ответственной является деталь, тем выше, как правило, требования к ее точности и качеству обработанной поверхности. В связи с этим выбор тех или иных методов изготовления детали определяется требованием не только обеспечения точности, но и соответствующей шероховатости ее поверхности. Однако здесь, как и в случае назначения той или иной точности размера детали, не следует необоснованно стремиться к низкой шероховатости ее поверхности, поскольку это увеличивает трудоемкость изготовления и стоимость детали.

1. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Деталь машины, являясь исходной частью любого изделия машиностроения, должна в соответствии со своим функциональным назначением иметь определенную форму, размеры, физико-механические свойства материала и эксплуатационные характеристики образующих ее поверхностей. На выполнение этих условий направлена деятельность машиностроительных заводов (цехов), занятых производством конструкционных материалов и заготовок и превращением заготовок в готовые детали. В рамках приведенных далее лабораторных работ рассматриваются технологические методы формообразования поверхностей и управления их свойствами в обрабатывающих цехах на стадии изготовления деталей из заготовок.

Современное машиностроение характеризуется применением для изготовления деталей материалов с особыми физико-механическими характеристиками, обуславливающими их плохую обрабатываемость традиционными методами, созданием деталей сложных форм, предъявлением высоких требований к точности их размеров, качеству поверхностей и производительности изготовления. Эти обстоятельства определили использование в промышленности разнообразных групп и в рамках таких групп многочисленных конкретных технологических методов обработки заготовок. Выбор оптимального метода для изготовления определенной детали, объема ее производства и имеющихся производственных условий требует от технолога знания физических основ конкретных технологических методов, их технологических характеристик, обрабатывающего инструмента, оборудования и технологической оснастки.

Эти вопросы, а также ряд других аспектов, относящихся к изучению технологических методов формообразования поверхностей, составляют основу лабораторных работ по разделу «Технологические методы обработки заготовок» учебной дисциплины ТКМ. В лабораторных работах уделено внимание методам резания лезвийными и абразивными инструментами. Предусмотрены лабораторные работы, направленные на изучение металлорежущих станков и инструментов, методики их выбора; закономерностей, обуславливающих производительность и качественные результаты обработки; кинематики зубообразования и металлообрабатывающего оборудования, устройства электромеханического и электрогидравлического приводов станков.

Пособие содержит также лабораторные работы по изучению электрохимического травления, электроэрозионного прошивания отверстий и магнитно-абразивного полирования. Эти, а также другие электрохимические и электрофизические технологии в настоящее время применяют на всех этапах изготовления деталей, начиная от получения заготовок и кончая их отделочной обработкой. Используя технологии данной группы, решают уникальные технологические задачи, обеспечивающие удаление, перемещение или приращение (большого или малого) объема материала заготовки.

Часть лабораторных работ носит исследовательский характер и связана с установлением взаимосвязей технологических и технико-экономических характеристик процессов, реализуемых в лабораторных условиях.

1.1. ТОКАРНЫЕ РАБОТЫ, НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО ТОКАРНО–ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА

Цель работы: знания видов токарных работ, режущих инструментов и приспособлений, устройства и назначения токарно–винторезного станка; умения выбирать метод токарной обработки в зависимости от формы и размеров обрабатываемой поверхности и выполнять расчеты, необходимые для наладки станка.

Общие сведения

Металлорежущие станки токарной группы предназначены для получения на деталях цилиндрических, конических, винтовых, фасонных и плоских (торцовых) поверхностей. На них выполняют точение наружных и растачивание внутренних поверхностей заготовок, подрезание торцов, отрезание, сверление, зенкерование и развертывание отверстий, нарезание резьб и другие виды работ. При этом обеспечивается точность размеров не выше 6-го квалитета точности и шероховатость поверхностей с параметром Ra до 0,63 мкм. Для выполнения указанных работ в качестве режущих инструментов на станках этой группы используют резцы различных типов, сверла, зенкеры, зенковки, развертки, метчики и плашки.

Виды токарных работ и режущий инструмент

Точение наружной цилиндрической поверхности. При точении наружной цилиндрической поверхности также, как и при всех других видах токарных работ, главное вращательное движение резания D_r совершает заготовка. Движение подачи $D_{s\text{пр}}$ выполняет инструмент, которым является токарный резец, перемещающийся вдоль оси заготовки. Для точения наружной цилиндрической поверхности применяют проходной прямой (рис. 1.1, а, поз. 1), проходной отогнутый (рис. 1.1, а, поз. 2) или проходной упорный (рис. 1.1, б) резцы.

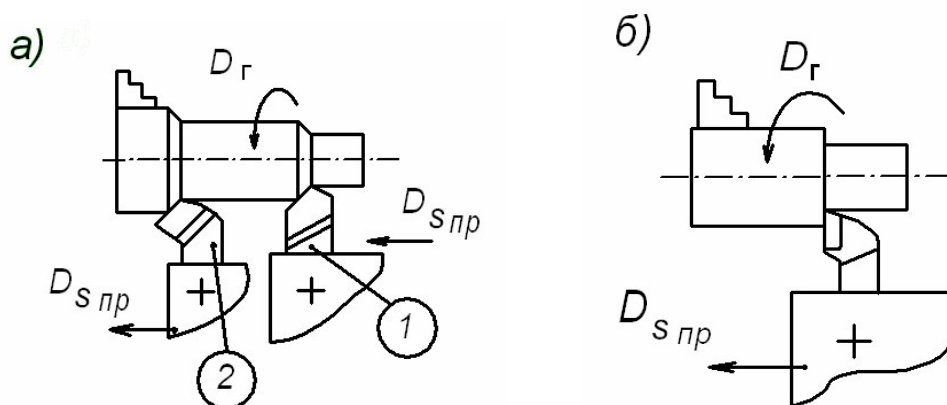


Рис. 1.1. Схемы точения наружной цилиндрической поверхности:
а) проходным прямым (поз. 1) и проходным отогнутым (поз. 2) резцами;
б) проходным упорным резцом

Отогнутые резцы удобны при точении поверхностей заготовок, расположенных вблизи кулачков патрона. Проходные упорные резцы используют для точения небольших уступов на поверхности заготовки и обработки цилиндрических поверхностей на нежестких валах.

Подрезание торцов. Торцовые поверхности заготовки обрабатывают подрезными резцами (рис. 1.2, а), осуществляющими движение поперечной подачи $D_{s\text{non}}$.

Часто для этих целей применяют проходные отогнутые резцы, имеющие более массивную режущую часть по сравнению с подрезными резцами и допускающие более производительные режимы резания (рис. 1.2, б).

Торцовые поверхности подрезают, как правило, с движением подачи резца $D_{s\text{non}}$ от периферии к центру.

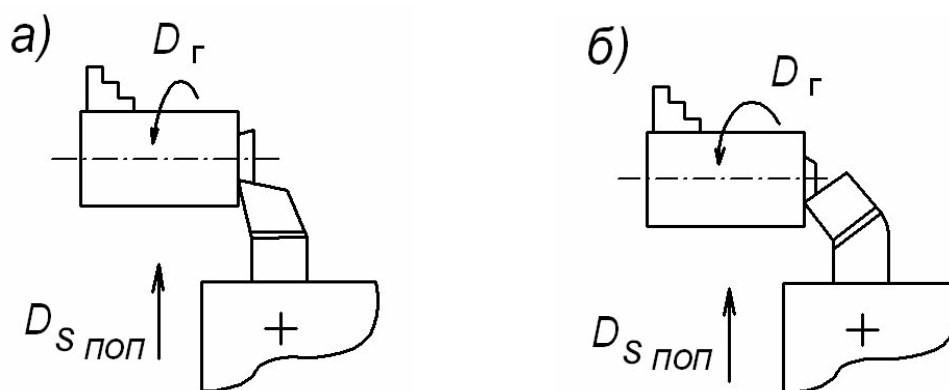


Рис. 1.2. Схемы подрезания торцов подрезным прямым (а) и проходным отогнутым (б) резцами

Точение наружных канавок и отрезание. Для точения канавок (рис. 1.3, а), а также отрезания (рис. 1.3, б) используют соответственно канавочные и отрезные резцы, осуществляющие при резании движение поперечной подачи $D_{S\text{ поп}}$. Точение узких канавок осуществляют за один рабочий ход резца, а широких — несколькими рабочими ходами, последовательно переставляя резец из одного положения в другое вдоль оси заготовки после точения резцом узкой канавки.

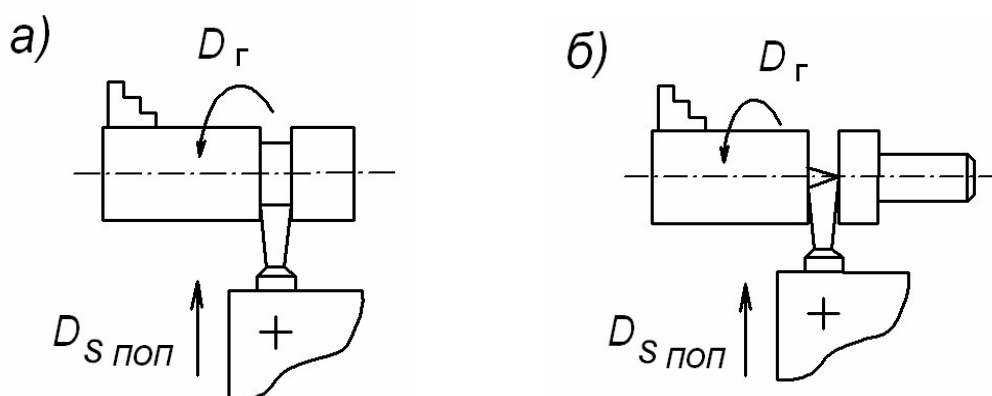


Рис. 1.3. Схемы точения канавки (а) и отрезания (б)

Резцы для точения канавок, а также отрезные резцы следует устанавливать так, чтобы их режущая кромка располагалась строго на уровне оси центров станка. Это особенно важно при работе отрезными резцами. Расположение их выше или ниже оси центров может привести к поломке резца.

Точение фасонных поверхностей. К фасонным поверхностям, обрабатываемым на токарных станках, относят поверхности вращения, имеющие сложный наружный контур. Такие поверхности могут иметь, например, рукоятки различной формы, маховики с фасонными ободами, шаровые (сферические) и подобные им детали.

Короткие (неширокие) фасонные поверхности можно получать фасонными резцами (рис. 1.4). Токарный фасонный резец при движении с поперечной подачей $D_{S\text{ поп}}$ снимает широкую стружку. Это может вызывать вибрации обрабатываемой заготовки и резца. Поэтому данным методом выполняют точение фасонных поверхностей шириной до 30 мм с малыми подачами и пониженными скоростями резания. Длинную фасонную поверхность обрабатывают проходным резцом, перемещающимся по криволинейной траектории сочетанием продольного и поперечного движений механической подачи (схема обработки не показана).

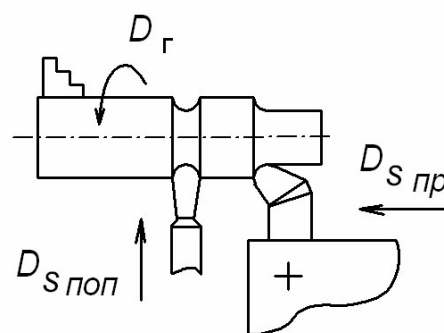


Рис. 1.4. Схемы точения фасонных поверхностей

Обработка отверстий. Для получения отверстий на токарных станках применяют сверла. Увеличение диаметра имеющегося в заготовке отверстия и повышение точности его изготовления осуществляют расточными резцами, а также зенкерами и развертками. Тот или иной инструмент выбирают в зависимости от вида заготовки, требуемой точности обработки, размеров и параметров шероховатости обработанного отверстия.

При сверлении отверстий на токарных станках заготовка, закрепленная в патроне, совершает вращательное движение, а сверло, установленное в задней бабке станка, получает движение продольной подачи $D_{S\text{ пр}}$ (рис. 1.5).

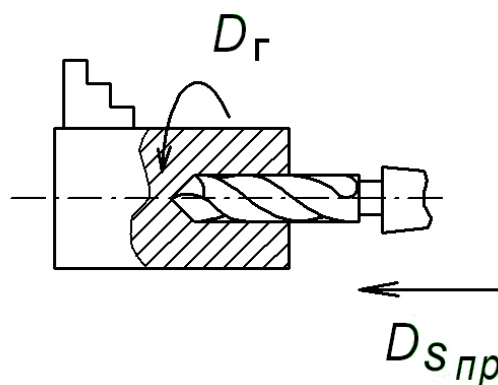


Рис. 1.5. Схема сверления отверстия

Растачивание отверстия (рис. 1.6, а, б) – операция более сложная, чем точение наружных поверхностей, так как размер поперечного сечения резца должен быть меньше диаметра отверстия, а вылет резца из резцедержателя несколько больше длины растачиваемого отверстия.

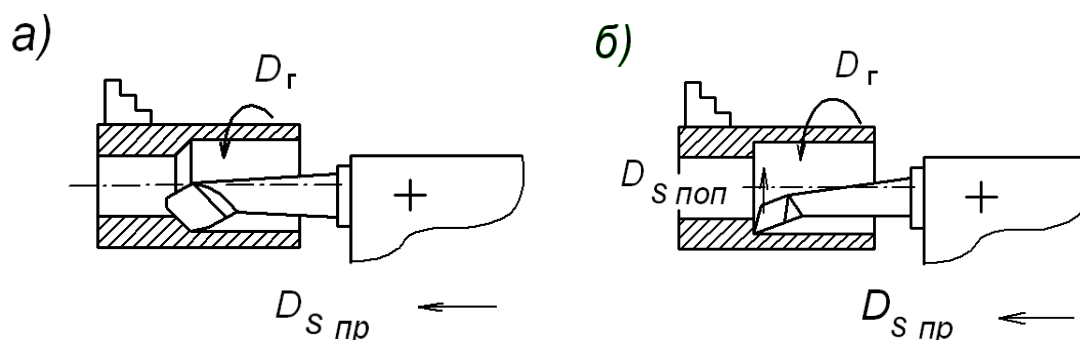


Рис. 1.6. Схемы растачивания сквозного отверстия (а) и отверстия с уступом (б)

При растачивании отверстия значительной длины возможен изгиб резца и сильные вибрации при высоких скоростях резания. В связи с этим растачивание отверстий на токарных станках с помощью расточных резцов применяют в тех случаях, когда диаметры отверстий большие или когда сверление и зенкерование не обеспечивают необходимой формы уступов обработанных поверхностей внутри отверстия.

Растачивание сквозных отверстий осуществляют проходными расточными резцами с движением продольной подачи $D_{S пр}$. Глухие и ступенчатые поверхности растачивают упорными расточными резцами. Для получения торцевой поверхности внутри отверстия расточному резцу в конце его продольного хода придают движение поперечной подачи (см. рис. 1.6, б).

Нарезание резьбы. Резьба представляет собой винтовую канавку определенного профиля, прорезанную на цилиндрической или конической поверхности. Используемые на деталях резьбы можно разделить на ряд групп:

- по расположению – на наружные и внутренние;
- по форме исходной поверхности – на цилиндрические и конические;
- по направлению винтовой канавки – на правые и левые;
- по форме профиля – на треугольные, прямоугольные, трапециевидные, круглые;
- по числу заходов – на одно- и многозаходные;
- по назначению – на крепежные и ходовые.

На токарных станках резьбу нарезают посредством вращения заготовки (главное движение резания) и поступательного перемещения

(движение подачи) режущего инструмента. Таким способом можно осуществлять изготовление всех типов резьб, в том числе таких видов крепежных резьб, как метрическая, дюймовая и трубная резьбы.

Наиболее распространенным способом нарезания резьбы (наружной и внутренней) на токарно-винторезных станках является нарезание резьбовыми резцами (рис. 1.7). За каждый оборот заготовки резец должен получать продольное перемещение (подачу), равное шагу резьбы. Таким образом, скорость продольного перемещения резца точно согласуется с шагом нарезаемой резьбы и частотой вращения заготовки.

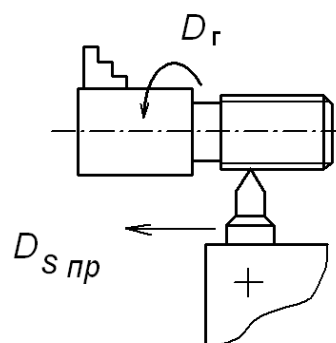
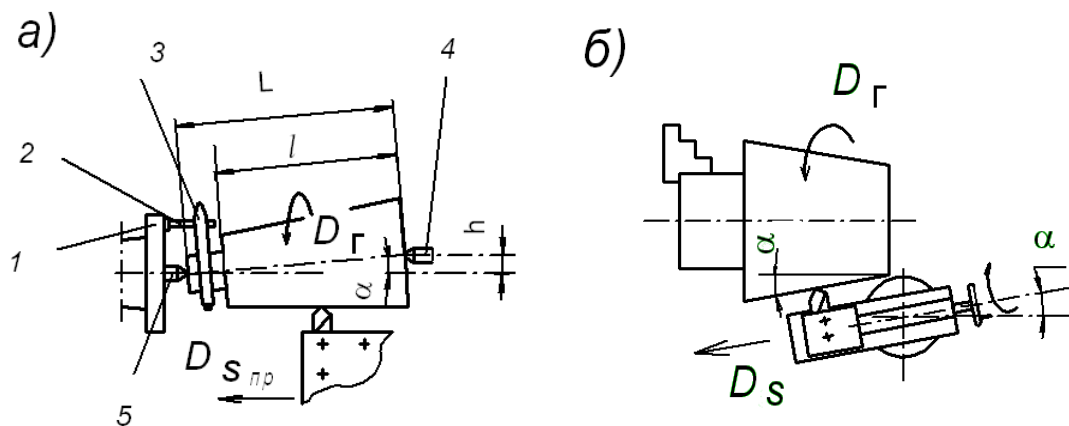


Рис. 1.7. Схема нарезания наружной резьбы резцом

При нарезании на токарных станках резьбы небольших размеров используют плашки, а для внутренней – метчики. Шаг нарезанной на заготовке резьбы при этом получается такой же, как шаг резьбы на инструменте.

Методы точения конических поверхностей. Для получения конической поверхности на заготовке при точении на токарном станке необходимо, чтобы при вращении заготовки вершина резца перемещалась параллельно образующей конуса. Это достигается одним из следующих способов: смещением корпуса задней бабки (рис. 1.8, а); поворотом верхнего суппорта (рис. 1.8, б); с помощью широкого резца (рис. 1.8, в) или с использованием копирной линейки (рис. 1.8, г).



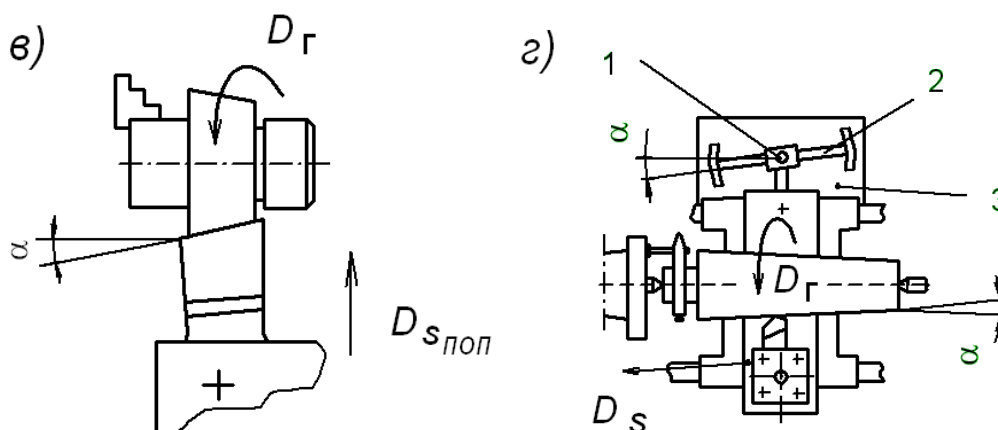


Рис. 1.8. Схемы точения конических поверхностей:

- а) смещением задней бабки; б) поворотом верхнего суппорта;
 в) широким резцом; г) с использованием копирной линейки

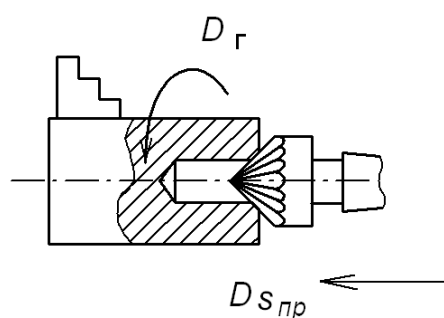


Рис. 1.9. Схема
 зенкования отверстия

При точении наружных конических поверхностей пользуются проходными резцами, а при растачивании внутренних поверхностей — расточными. Для получения на внутреннем отверстии конической фаски небольшой длины в качестве инструмента часто используют зенковку (рис. 1.9).

Устройство токарно-винторезного станка

Токарно-винторезный станок является универсальным станком, предназначенным для эксплуатации в условиях единичного и мелкосерийного производств. Рассмотрим устройство этого типа станков на примере токарно-винторезного станка модели 16K20 (рис. 1.10).

Основными узлами станка являются станина 1, передняя бабка 4, шпиндель 5, суппорт, коробка подач 3, гитара сменных зубчатых колес 2, задняя бабка 11, механизм быстрого перемещения суппорта 14.

Станина 1 служит для монтажа на ней основных узлов и частей станка. Она снабжена направляющими для продольного перемещения суппорта и задней бабки.

Передняя бабка 4 предназначена для размещения в ней коробки скоростей, с помощью которой изменяют частоту и направление вращения шпинделя 5.

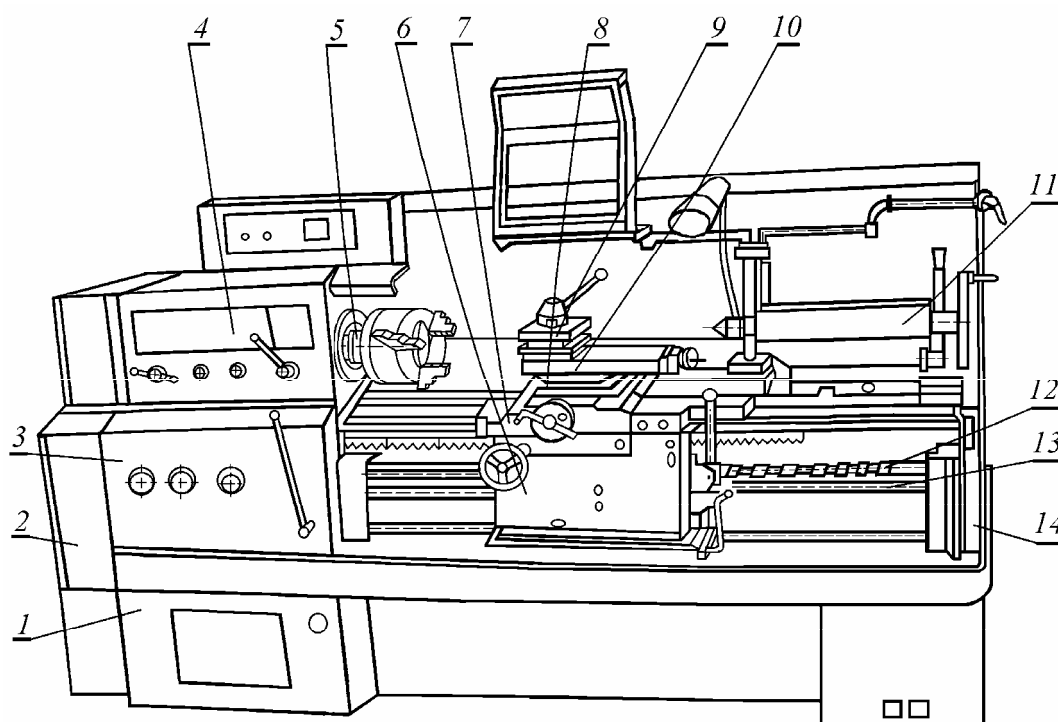


Рис. 1.10. Общий вид токарно-винторезного станка модели 16K20

На правый конец шпинделя, являющегося пустотелым валом, устанавливают различные приспособления для закрепления заготовки. На рис. 1.10 таким приспособлением является трехкулачковый самоцентрирующий патрон.

Суппорт станка состоит из продольных 7 и поперечных 8 салазок, фартука 6, верхнего суппорта 10 и четырехпозиционного поворотного резцедержателя 9. В резцедержателе устанавливают и закрепляют резцы, которым вместе с суппортом сообщают движения продольной и (или) поперечной подачи.

Коробка подач 3 предназначена для изменения скоростей продольного и поперечного движений подачи суппорта, с которым она соединена с помощью ходового винта 12 и ходового вала 13. Передачу вращательного движения выходного вала коробки подач к механизмам суппорта через ходовой винт используют только при нарезании резьб. Для выполнения всех других видов токарных работ движение от коробки подач к суппорту поступает через ходовой вал.

Гитара сменных зубчатых колес 2 является звеном передачи движения от шпинделя станка к коробке подач и настраивается при нарезании точных резьб. Заменяя одни зубчатые колеса гитары другими, можно изменять величину подачи суппорта.

Заднюю бабку *11* используют в качестве дополнительной опоры заготовки при изготовлении валов с отношением длины к диаметру заготовки более четырех, а также для закрепления сверл, зенкеров, разверток, метчиков и плашек и сообщения им движения подачи при обработке центрального отверстия.

Привод быстрого перемещения *14* используют для сокращения непроизводительных затрат времени на вспомогательные передвижения суппорта. Механизм привода состоит из электродвигателя, вмонтированного в заднюю стойку станины, и клиноременной передачи, с помощью которой передается вращение на ходовой вал.

Токарные приспособления

Для установки и закрепления заготовок на токарных станках используют различные приспособления (рис. 1.11).

К основным типам приспособлений относят: трехкулачковые самоцентрирующие и четырехкулачковые патроны, цанговые и поводковые патроны, центры. Патрон закрепляют на шпинделе станка, а центр устанавливают в пиноли задней бабки или в отверстии шпинделя станка.

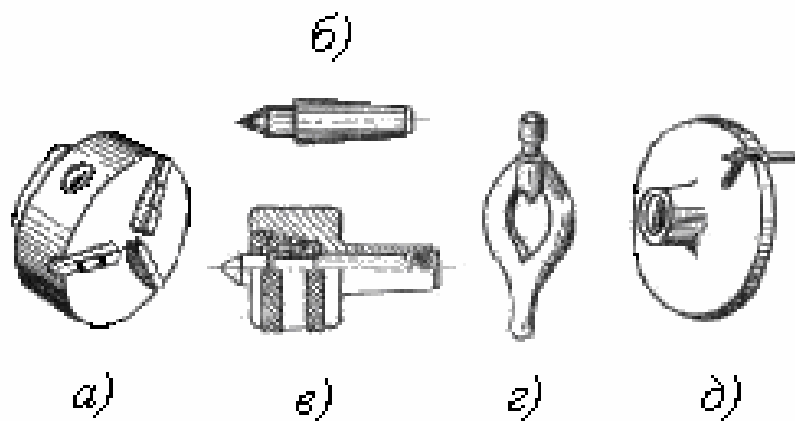


Рис. 1.11. Приспособления к токарным станкам: *а* — трехкулачковый самоцентрирующий патрон; *б* — центр обыкновенный; *в* — центр вращающийся; *г* — хомутик; *д* — поводковый патрон

Патроны подразделяют на простые и самоцентрирующие. Наибольший диаметр закрепляемой в патроне заготовки на станке модели 16К20 равен 400 мм.

Самоцентрирующие патроны (рис. 1.11, *а*) в большинстве случаев изготавливают трехкулачковыми и реже — двухкулачковыми. Трехкулачковые самоцентрирующие патроны очень удобны в работе, так как все

кулачки, закрепляющие заготовку, перемещаются по радиальным пазам одновременно и синхронно друг с другом к центру или от центра. Поэтому заготовка, имеющая цилиндрическую поверхность (наружную или внутреннюю), устанавливается и закрепляется в патроне так, что ее ось совмещается с осью шпинделя. Кроме того, в этом случае значительно сокращается время на установку и закрепление заготовки.

Простые (несамоцентрирующие) патроны изготавливают обычно четырехкулачковыми. Каждый кулачок в них перемещается своим винтом независимо от остальных. Это позволяет устанавливать и закреплять в патронах заготовки цилиндрической и нецилиндрической форм.

Кроме приведенных на рис. 1.11 приспособлений при обработке на токарных станках длинных и нежестких заготовок применяют люнеты (подвижные и неподвижные); при обработке заготовок больших диаметров и несимметричной формы используют планшайбы, угольники и различные специальные приспособления и оправки.

Наладка токарно–винторезного станка

Наладка станка на обработку заготовки включает: установку режущих инструментов и приспособления, наладку режима резания для каждого из инструментов и наладку инструментов на выполняемые размеры.

Установка и закрепление резца. Перед точением нужно правильно установить резец в резцедержателе. Вершину резца рекомендуется устанавливать на уровне высоты центров станка. Для этого применяют прокладки (не больше двух), помещая их под опорной поверхностью резца. Положение вершины резца по высоте центров проверяется подводкой его к вершине конуса предварительно выверенного заднего центра.

При установке резца необходимо следить за тем, чтобы его выступающая часть была возможно короче — не больше 1,5 высоты его стержня. При большем вылете резец может вибрировать, а обработанная поверхность в таком случае получится негладкой, со следами вибраций.

Закрепление резца в резцедержателе должно быть надежным и прочным, поэтому резец закрепляют не менее чем двумя болтами, которые равномерно и туго затягивают.

Установка и закрепление заготовки. Для установки и надежного закрепления заготовок с отношением длины заготовки к ее диаметру до четырех используют трехкулачковые самоцентрирующие патроны. Заготовки

большей длины устанавливают в трехкулачковых самоцентрирующих патронах с поджимом задним центром, располагаемым в отверстии пиноли задней бабки, либо в центрах с использованием поводкового патрона (рис. 1.11, д), закрепленного на шпинделе станка. Для обеспечения такого закрепления на заготовке с двух сторон должны быть предварительно сделаны центровые отверстия. С целью уменьшения износа заднего центра его конец делают вращающимся (вращающийся центр, рис. 1.11, е). Вращение на заготовку при таком способе установки передается через хомутик (рис. 1.11, з), закрепляемый на ближнем к шпинделю станка конце заготовки.

Короткие заготовки некруглой формы устанавливают на специальном приспособлении, называемом планшайбой, или в четырехкулачковом патроне. Прутки и длинные заготовки небольших диаметров обычно пропускают через сквозное отверстие шпинделя, выдвигая их на требуемую длину и зажимая в трехкулачковом или цанговом патроне.

Наладка режима резания. К элементам режима резания относят скорость главного движения резания v , м/мин.; подачу S и глубину резания t , мм.

Скоростью главного движения резания v называют расстояние, пройденное точкой режущей кромки инструмента относительно заготовки в единицу времени. При точении ее определяют по формуле 1.1.

$$v = \pi D n / 1000, \quad (1.1)$$

где D – наибольший диаметр обрабатываемой поверхности заготовки (рис. 1.12), мм; n – частота вращения заготовки в минуту, об/мин.

Подачей S называют расстояние, проходимое инструментом относительно заготовки в направлении движения подачи за единицу времени. На токарных станках при установке значения подачи с помощью рукояток коробки подач в качестве единицы времени принимают один оборот заготовки. Такую подачу называют *подачей за один оборот заготовки S_0* , мм/об.

Глубиной резания t называют расстояние по перпендикуляру между обрабатываемой и обработанной поверхностями заготовки. В соответствии с обозначениями, данными на рис. 1.12, глубина резания определяется по формуле $t = (D - d)/2$, где D и d – соответственно диаметры обрабатываемой и обработанной поверхностей.

Установку режима резания на станке осуществляют, руководствуясь заданными или выбранными по справочникам значениями элементов режима резания следующим образом.

По значению скорости главного движения резания v рассчитывают частоту вращения шпинделя $n_{расч}$ по формуле (1.2), а затем выбирают по паспортным данным станка частоту вращения шпинделя, выполнив условие $n_{см} \leq n_{расч}$:

$$n_{расч} = 1000 v / \pi D. \quad (1.2)$$

Вслед за этим рукоятки коробки скоростей устанавливают в положения, обеспечивающие выбранное значение $n_{см}$.

Наладка подачи инструмента заключается в установке рукояток на коробке подач станка в положения, обеспечивающие значение подачи S_0 , равное или меньшее чем значение подачи, указанное в технологической документации.

Для размерной наладки станка и получения при обработке заданного диаметра заготовки, резец необходимо установить на требуемую глубину резания t . На токарных станках для этого предусмотрено специальное устройство, называемое лимбом. Оно расположено у рукоятки винта поперечной подачи и представляет собой кольцо, на окружности которого нанесены деления. Поворот рукоятки и винта с лимбом на одно его деление соответствует перемещению резца в направлении глубины резания на расстояние, равное цене деления лимба.

Для установки глубины резания t следует:

- сообщить заготовке вращательное движение;
- вращением маховика движения продольной подачи и рукоятки винта движения поперечной подачи вручную подвести резец к наружной поверхности вблизи правого торца заготовки так, чтобы его вершина коснулась обрабатываемой поверхности заготовки;
- установить момент касания и отвести резец вправо от заготовки;
- вращением рукоятки винта поперечной подачи, используя лимб винта поперечного движения, переместить резец на глубину резания немного меньшую, чем глубина резания t ;
- обточить заготовку с ручной подачей на длине 3–5 мм и отвести резец вправо, а затем остановить станок и измерить диаметр полученной поверхности;

- установить резец на глубину резания, соответствующую половине значения разности между получившимся и требуемым диаметрами;
- включить механическую подачу резца и проточить заготовку.

Наладка станка на точение конической поверхности

Точение конической поверхности поперечным смещением корпуса задней бабки (см. рис. 1.8, а). Для получения конусообразной поверхности этим способом заготовку устанавливают в центрах, используя передний 5, задний 4 центры станка и поводковый патрон. Поводковый патрон состоит из планшайбы 1, поводка 2 и хомутика 3.

Перед установкой заготовки положение оси центров станка изменяют путем сдвига корпуса задней бабки, а вместе с ним и заднего центра 4 в поперечном направлении. Корпус задней бабки смещают, ориентируясь на деления, нанесенные на торце ее опорной плиты, и риску на торце корпуса задней бабки.

При таком расположении заготовки на станке ось ее вращения не будет параллельна направлению перемещения резца (см. рис. 1.8, а), а обработанная поверхность заготовки окажется конической.

Величину поперечного смещения корпуса задней бабки определяют по следующей формуле:

$$h = L (D - d) / 2\ell, \quad (1.3)$$

где h – величина смещения оси корпуса задней бабки в направлении перпендикулярном оси шпинделя, мм; D – диаметр большого основания конуса, мм; d – диаметр малого основания конуса, мм; L – полная длина заготовки, мм; ℓ – длина конической части заготовки, мм.

Преимущество обработки конических поверхностей путем смещения корпуса задней бабки заключается в том, что использование этого метода возможно на любом токарном станке и позволяет точить заготовки большой длины, используя при этом автоматическую подачу суппорта.

К недостаткам этого способа относят:

- невозможность растачивания конических отверстий;
- ограниченную область применения даже при точении наружных поверхностей, так как этим методом можно обработать только пологие конусы, для которых величина смещения корпуса задней бабки составляет не более 10 мм;

– перекося центров в центровых отверстиях, что приводит к неравномерному износу центров и центровых отверстий и служит причиной брака при вторичной установке заготовки в этих же центровых отверстиях.

Избежать неравномерного износа центровых отверстий можно, если применить специальные шаровые центры. Их используют преимущественно при обработке точных конусов.

Обработка конической поверхности поворотом верхнего суппорта (см. рис. 1.8, б). Для точения на токарных станках коротких наружных и внутренних конических поверхностей нужно повернуть верхний суппорт относительно оси станка под углом уклона конуса. При таком способе движение подачи производят обычно от руки вращением рукоятки винта верхнего суппорта.

Если угол α уклона конуса задан по чертежу, то верхнюю часть суппорта поворачивают на заданный угол, используя деления, нанесенные на диске поворотной части суппорта.

Если указаны большой D и малый d диаметры конуса, а также длина его конической части ℓ , то определяют угол поворота суппорта по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = (D - d) / 2\ell. \quad (1.4)$$

Недостатки этого способа точения конических поверхностей заключаются в том, что:

– обработка выполняется при ручном движении подачи; это снижает производительность труда и увеличивает шероховатость обработанной поверхности;

– точению подлежат сравнительно короткие конические поверхности длиной от 30 до 140 мм в связи с ограниченной длиной хода каретки верхнего суппорта.

Точение конической поверхности широким резцом (см. рис. 1.8, в). Конические поверхности (наружные и внутренние) с небольшой высотой конуса (не более 15–20 мм) обрабатывают широким резцом с углом в плане, соответствующим углу уклона конуса. Движение подачи резца может быть продольным или поперечным. Применять более широкие резцы можно лишь на особо жестких станках и заготовках, если это не вызывает вибраций резца и обрабатываемой заготовки.

Обработка конической поверхности с помощью копирной линейки (см. рис. 1.8, г). Для обработки конических поверхностей с углом уклона не

более $10\text{--}12^\circ$ к задней стороне станины некоторых токарных станков прикрепляют копирную линейку 2, связанную с поперечными салазками суппорта шарниром 1. С помощью копирной линейки можно осуществлять не только точение наружных конических поверхностей, но и растачивать конусообразные отверстия, пользуясь автоматическим движением продольной подачи. В этом случае размеры конуса получаются точными без повторных наладок.

Недостатком применения метода получения конических поверхностей с помощью копирной линейки является необходимость отсоединения перед началом работы поперечных салазок суппорта от связанного с ним винта поперечной подачи и повторное соединение салазок с винтом по окончании работы.

Измерение размеров конических поверхностей. Наружные диаметры заготовок измеряют штангенциркулями с точностью отсчета 0,1 и 0,05 мм или микрометром с точностью отсчета 0,01 мм. Диаметры заготовок, изготовленных с заданными отклонениями, в условиях крупносерийного и массового производств проверяют предельными скобами.

Универсальным инструментом для измерения конусов является угломер, которым можно измерять углы от 0 до 360° .

Для более точной проверки угла конуса, при большом числе изготавливаемых деталей применяют специальные калибры: для наружных конусов — калибр-втулку и для конических отверстий — калибр-пробку.

Технология изготовления изделия и технологическая документация

Изготовление детали на конкретном металлорежущем станке реализуется в виде специальным образом организованной последовательности действий рабочего и движений узлов станка по обработке различных поверхностей заготовки. Совокупность этих действий называют технологической операцией, а сами действия — переходами. Переходы подразделяют на технологические и вспомогательные.

Технологическим переходом называют законченную часть технологической операции изготовления детали, выполняемую одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке (закреплении заготовки). Изменение обрабатываемой поверхности, применение другого инструмента или режима резания

соответствует введению в технологию изготовления детали нового технологического перехода.

Вспомогательным переходом называют законченную часть технологического процесса изготовления детали, не сопровождающуюся изменением формы, размеров и шероховатости поверхности, но необходимую для выполнения технологического перехода. К таким переходам относят действия по установке и снятию заготовки, замене режущего инструмента, измерению полученных размеров и пр. В технологических документах, описывающих последовательность изготовления детали, вспомогательные и технологические переходы нумеруют последовательно друг за другом арабскими цифрами.

Важнейшими технологическими документами являются маршрутная и операционная карты и карты эскизов обработки, в которых представляют последовательность, схемы переходов, режим обработки, приспособления и инструмент. Разработка таких документов осуществляется технологами.

Содержание работы

Работа включает: изучение видов токарных работ, устройства, назначения и методов наладки токарно-винторезного станка, выбор способов токарной обработки поверхностей конкретной заготовки и разработку технологической карты получения детали заданной формы и размеров, подготовку отчета.

Последовательность выполнения работы

1. Изучите виды токарных работ, режущий инструмент и приспособления для закрепления заготовки. Ознакомьтесь с этими элементами технологической системы по демонстрационным стендам.
2. Изучите устройство и назначение токарно-винторезного станка.
3. Проследите за выполнением на станке учебным мастером следующих токарных работ: точение, подрезание, сверление, нарезание резьбы, отрезание заготовки, точение конической поверхности.
4. Получите индивидуальное задание для самостоятельной работы (табл. 1.1) по разработке последовательности и схем изготовления детали методом токарной обработки и выбору технологической оснастки.

Выполните перечисленные далее действия.

4.1. Нарисуйте чертеж детали в отчет и обозначьте на чертеже обрабатываемые поверхности арабскими цифрами.

Примечание: Обрабатываемые поверхности выделены на чертеже детали (табл. 1.1) утолщенными линиями. Припуск на обработку показан пунктирной линией. Пример представления задания в отчете дан на рис. 1.12, а.

4.2. Для каждой из обрабатываемых поверхностей выберите способ токарной обработки, конкретный метод обработки конической поверхности, режущий инструмент и приспособления.

4.3. С помощью преподавателя составьте последовательность обработки заготовки и запишите ее в виде технологических и вспомогательных переходов.

4.4. Нарисуйте эскизы выполнения технологических переходов обработки заготовки и представьте их последовательность в виде технологического маршрута изготовления детали. В таблице 1.2 дан пример разработки технологического маршрута, выполненный применительно к заданию, представленному на рис. 1.12, а.

4.5. Выполните расчеты, необходимые для наладки станка на обработку конической поверхности с углом α (n_{cm} , S_o , t , i), используя формулы (1.2–1.5), и опишите процесс наладки.

Примечания. 1). Исходные для расчетов значения элементов режима резания для обработки конической поверхности представлены в трех правых столбцах (табл. 1.1).

2). i – число рабочих ходов, необходимое для удаления припуска. Рассчитывают значение i по формуле (1.5) в тех случаях, когда толщина припуска превышает допустимое или указанное в задании значение глубины резания t .

$$i = |D_{\text{заг}} - d|/t, \quad (1.5)$$

где $D_{\text{заг}}$ – диаметр заготовки, d – диаметр детали.

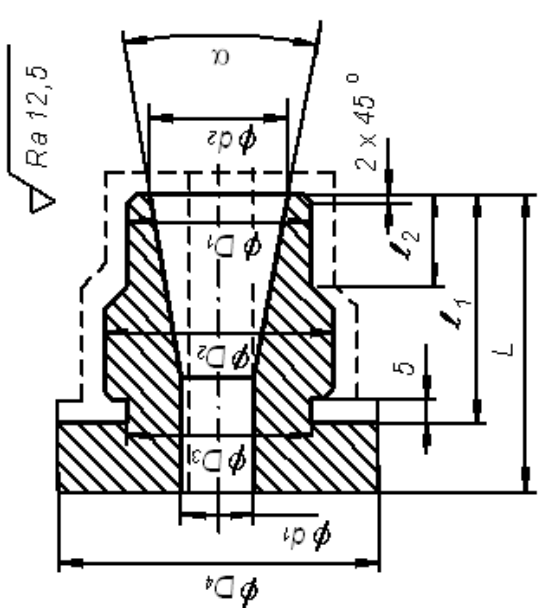
Полученную по формуле (1.5) цифру округляют до целого значения в большую сторону.

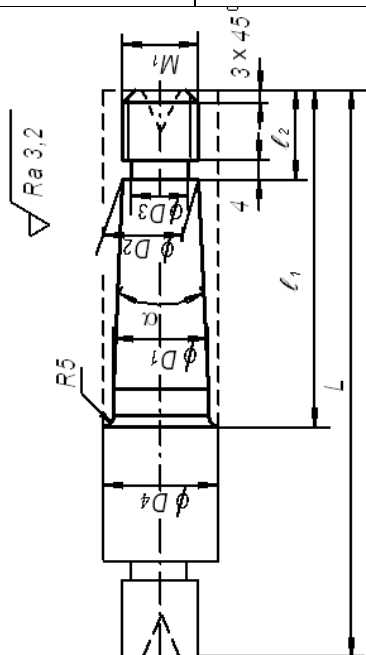
4.6. Нарисуйте технологический эскиз обработки заготовки с указанием на нем режущих инструментов, движений резания и приспособлений для закрепления заготовки.

Примечание. Пример изображения технологического эскиза изготовления детали (рис. 1.12, а) на токарном станке дан на рис. 1.12, б.

Таблица 1.1

Индивидуальные задания

№ п.п.	Эскиз детали с припусками на обработку	Размеры детали										Элементы режима резания		
		L , мм	ℓ_1 , мм	ℓ_2 , мм	D_1 , мм	D_2 , мм	D_3 , мм	D_4 , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	α , град.	t , мм	φ , М/мин	S_{ϕ} , мм/об.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	 Сталь 45, Т15К6, $\phi' = 5^\circ$. Припуск на обработку 5 мм.	120	100	40	60	70	60	100	40	50	10	1,5	200	0,15
2		100	80	40	150	160	150	200	120	140	90	2,0	170	0,30
3		60	40	20	140	150	150	180	105	120	20	2,5	170	0,30

№ п.п.	Эскиз детали с припусками на обработку	Размеры детали								Элементы режима резания			
		L , мм	ℓ_1 , мм	ℓ_2 , мм	D_1 , мм	D_2 , мм	D_3 , мм	D_4 , мм	α , град.	M_1	t , мм	φ , М/мин	S_o , мм/об.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4	 Сталь 45, Т15К6, R_верш = 1,0 мм.	500	360	60	110	60	40	140	10	M50	2,5	220	0,20
5		250	180	30	55	30	20	70	20	M25	2,0	200	0,17
6		380	280	40	70	60	40	90	3	M50	1,5	200	0,15

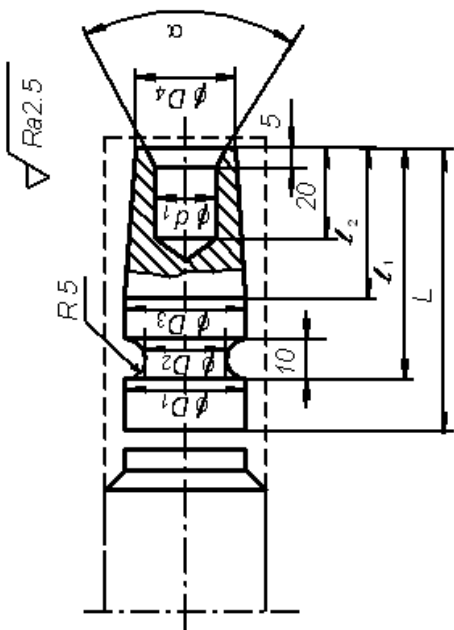
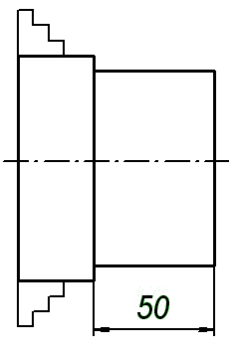
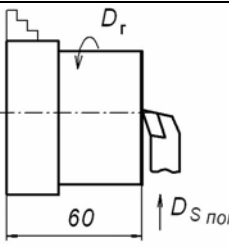
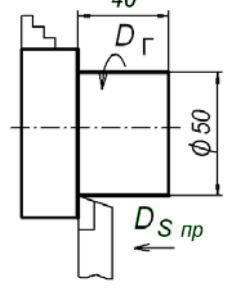
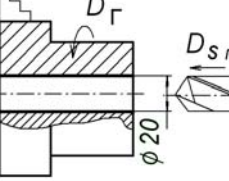
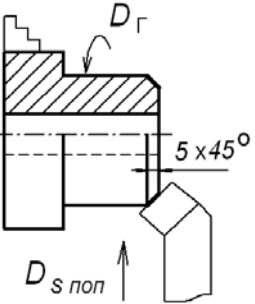
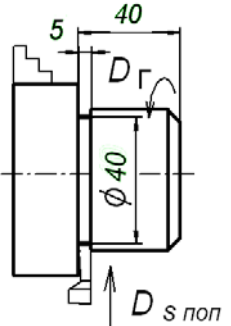
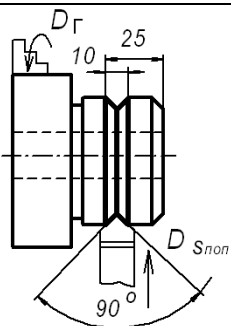
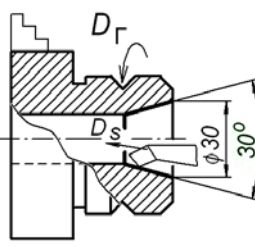
№ п.п.	Эскиз детали с припусками на обработку	Размеры детали								Элементы режима резания			
		L , мм	ℓ_1 , мм	ℓ_2 , мм	D_1 , мм	D_2 , мм	D_3 , мм	D_4 , мм	d_1 , мм	α , град.	t , мм	s мм/мин	S_{ϕ} мм/об
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
7	 Сталь 45, Т5К10, $\phi' > 5$, $R_{\text{верш}} = 1$ мм. Припуск на обработку 2 мм.	100	70	25	80	50	70	50	30	90	2,0	220	0,12
8		190	135	75	80	60	70	50	30	60	1,5	250	0,10
9		110	80	5	80	40	50	40	20	120	1,0	200	0,15

Таблица 1.2

Технологический маршрут токарной обработки заготовки детали «Втулка»

(наименование станка, модель)

№ пе- ре- хода	Номер обраба- тываемой по- верхно- сти	Содержание перехода	Эскиз перехода	Режущий инструмент	Приспо- собление
1	2	3	4	5	6
1		Установить и закрепить заготовку			Трехку- лачковый самоцен- трирующий па- трон
2	1	Подрезать торец заготовки в размер 60 мм.		Подрезной резец	
3	4, 6	Точить поверхность диаметром 50 мм на длину 40 мм.		Проходной прямой упорный резец	
4	8	Сверлить отверстие диаметром 20 мм		Спиральное сверло $D = 20 \text{ мм}$	

1	2	3	4	5	6
5	3	Точить фаску $5 \times 45^\circ$		Прходной отогнутый резец	Трехкулачковый самоцентрирующий патрон
6	7	Точить канавку диаметром 40 мм и шириной 5 мм.		Канавочный резец	
7	5	Точить канавку с углом 90°		Фасонный резец	
8	2	Расточить коническую поверхность с углом 30°		Расточной проходной резец	
9		Раскрепить и снять деталь			

Содержание отчета

1. Наименование работы.

2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (см. табл. 1.1).

Индивидуальное задание: «Разработать последовательность токарной обработки детали «.....», выбрать технологическую оснастку, режим обработки и составить технологический маршрут».

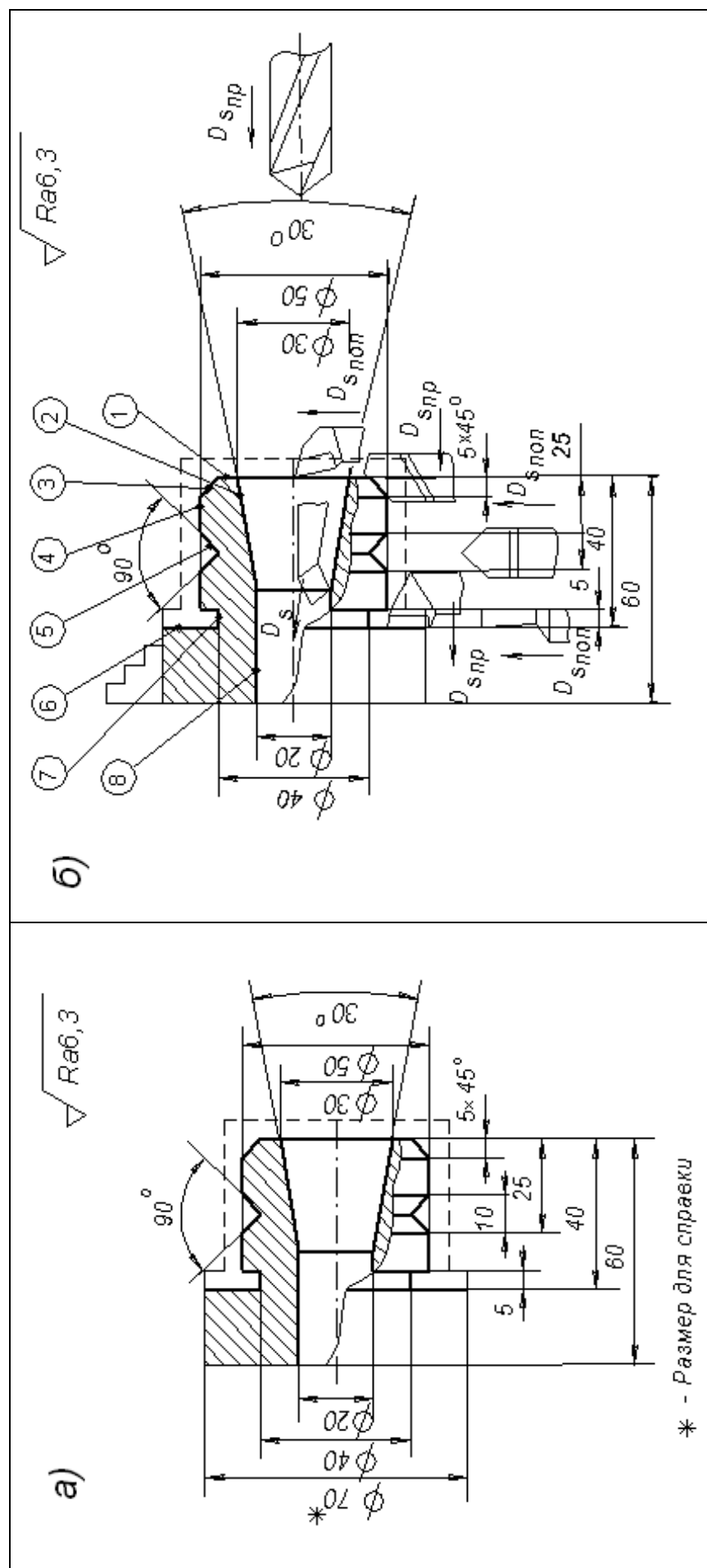


Рис. 1.12. Примеры представления в отчете задания (a) и схемы обработки заготовки (б)

3. Чертеж детали (с указанием размеров поверхностей, подлежащих обработке, по примеру рис. 1.12, а).

4. Технологический маршрут изготовления заданной детали (по примеру, представленному в табл. 1.2).

5. Схема обработки заготовки (по примеру рис. 1.12, б).

6. Выбор метода обработки конической поверхности и описание наладки станка на ее обработку.

7. Расчеты для наладки станка на обработку конической поверхности:

- определение частоты вращения шпинделя станка $n_{расч}$ по формуле (1.2);

- расчет числа рабочих ходов i , необходимых для удаления припуска по формуле (1.5);

- расчет числа делений по лимбу станка k , на которое следует повернуть винт поперечного перемещения салазок суппорта при установке резца на заданную глубину резания;

- расчет угла поворота верхнего суппорта α (формула 1.4) или величины смещения задней бабки h (формула 1.3), тип и характеристики инструмента.

1.2. ФРЕЗЕРНЫЕ РАБОТЫ, УСТОЙСТВО И НАЗНАЧЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ГОРИЗОНТАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

Цель работы: знания видов фрезерных работ, типов фрез и фрезерных приспособлений, устройства и назначения универсального горизонтально-фрезерного станка и универсальной делительной головки (УДГ); умения разрабатывать схемы фрезерной обработки заготовки и выполнять расчеты, необходимые для наладки станка и УДГ.

Общие сведения

Фрезерование является одним из распространенных технологических методов обработки резанием плоских и фасонных поверхностей, прямых и винтовых канавок, сложных поверхностей типа «зубья зубчатых колес», «шлицы», «шпоночная канавка» и пр. При этом обеспечивается точность

размеров не выше 9–10 квалитетов точности и шероховатость поверхностей с параметром Ra до 2,5 мкм. Фрезерование выполняют на фрезерных станках многолезвийными режущими инструментами – фрезами.

Среди большого разнообразия типов и моделей фрезерных станков широко распространены горизонтально-фрезерные, вертикально-фрезерные и универсально-фрезерные станки.

Виды фрезерных работ и типы фрез

Фрезерование плоскостей. При фрезеровании плоских поверхностей на заготовке также, как и при всех других видах фрезерных работ, главное вращательное движение резания D_r придают фрезе. Движение подачи D_s выполняет заготовка, перемещающаяся относительно фрезы.

Фрезерованием можно осуществлять обработку горизонтальных, вертикальных и наклонных плоскостей (рис. 1.13, *а, в, д* и др.).

Для обработки горизонтальных плоскостей в качестве режущего инструмента чаще всего используют цилиндрические и торцовые фрезы. Схемы обработки таких поверхностей представлены соответственно на рис. 1.13, *а, б*.

Цилиндрическими фрезами обрабатывают поверхности шириной до 180 мм. Обработка поверхностей торцовыми фрезами, как правило, производительнее обработки цилиндрическими фрезами, так как при торцовом фрезеровании в резании участвует большее число зубьев. Жесткость закрепления торцовой фрезы также более высокая, что позволяет применять более производительные режимы резания. Торцовыми фрезами обрабатывают плоскости шириной до 2 м.

Вертикально расположенные плоскости фрезеруют торцовыми и концевыми фрезами в соответствии со схемами, приведенными на рис. 1.13, *в, г*. Концевые фрезы изготавливают диаметром до 80 мм.

Фрезерование наклонных плоскостей выполняют торцовыми, концевыми и угловыми фрезами (рис. 1.13, *д, е, ж*). При фрезеровании поверхностей этого типа торцовой или концевой фрезой требуется повернуть фрезу на угол наклона плоскости или наоборот – обеспечить соответствующий угол поворота заготовки.

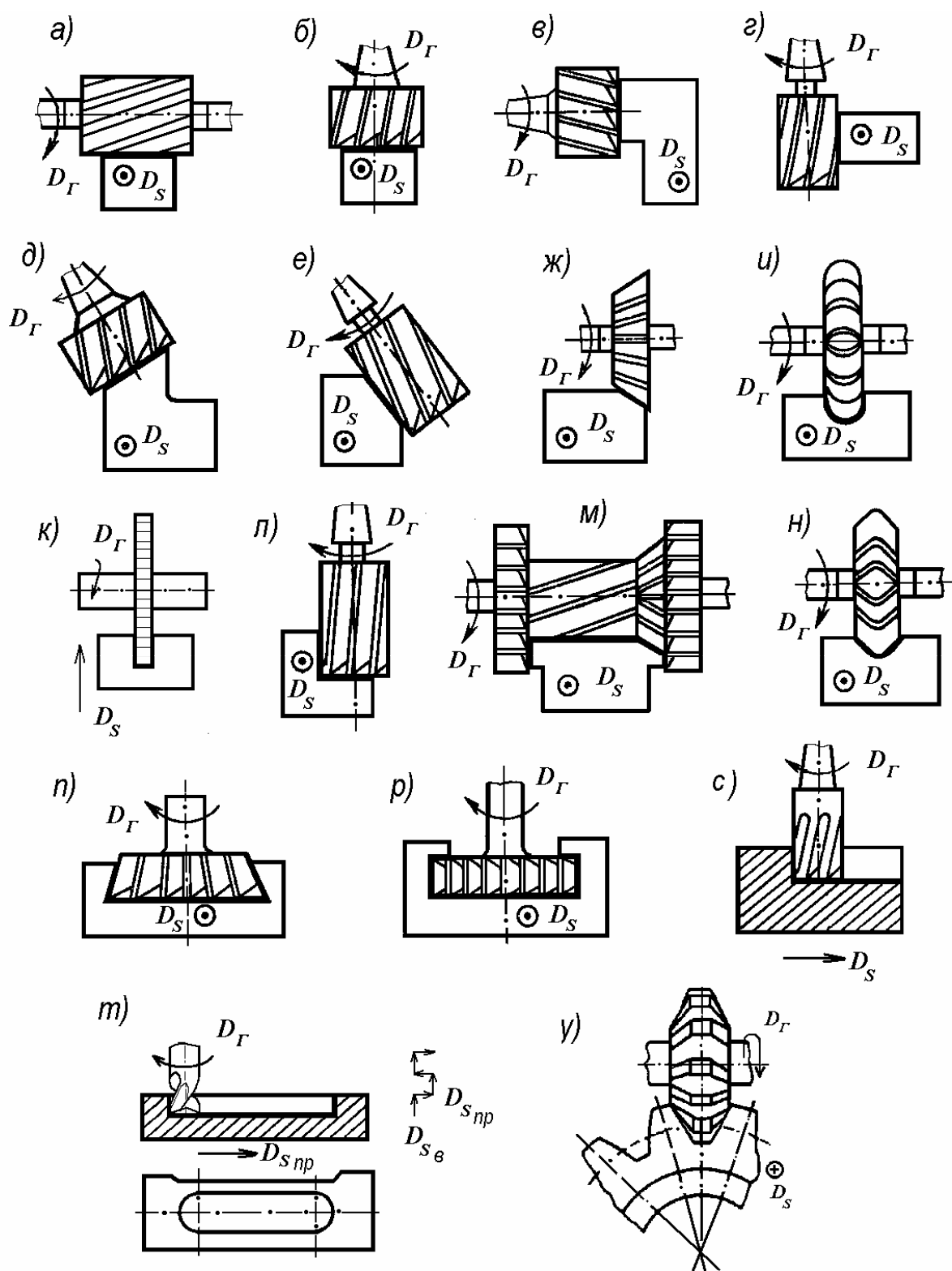


Рис. 1.13. Схемы фрезерования поверхностей

Фрезерование фасонных поверхностей. Для обеспечения удобства фрезерования в чертежах деталей чаще всего предусматривают наличие фасонных поверхностей открытого типа, образующими которых являются

прямые линии. Фрезерование фасонной поверхности представляет большие сложности, чем обработка плоскости, так как для этого необходима специально изготовленная фасонная фреза. Профиль такой фрезы в поперечном сечении соответствует фасонному профилю изготавливаемой детали (рис. 1.13, *и, у*).

Разрезание. Разрезание заготовки осуществляют дисковыми отрезными фрезами в соответствии со схемой, представленной на рис. 1.13, *к*. Заготовку при отрезных работах закрепляют в тисках так, чтобы фреза располагалась как можно ближе к губке тисков, но не задевала бы за нее. Изготавливают отрезные фрезы шириной до 28 мм.

Фрезерование модулей поверхностей. Модулем поверхностей называют сочетание нескольких поверхностей на детали, возможно разного вида, предназначенных для выполнения определенной служебной функции. К модулям поверхностей относят уступы, пазы различной формы, сложные фасонные поверхности типа «канавка венца зубчатого колеса», шлицевые и более сложные поверхности.

На рис. 1.13, *л* представлена схема фрезерования уступа на заготовке концевой фрезой. Этим способом получают уступы небольших размеров. Модули поверхностей такого типа можно обработать и дисковыми фрезами.

Модуль поверхностей, представляющий сочетание поверхностей с линейными образующими, рационально фрезеровать набором фрез по схеме, данной на рис. 1.13, *м*.

Фрезерование прямолинейных и винтовых пазов и канавок осуществляют дисковыми и концевыми фрезами в соответствии со схемами, представленными на рис. 1.13, *и, н, с*. Пазы и канавки целесообразнее фрезеровать дисковыми фрезами, так как они имеют большее число зубьев, чем концевые, а потому обеспечивают работу с большими скоростями резания и подачами. При этом фасонные пазы фрезеруют фасонными дисковыми фрезами. Концевые фрезы по отношению к дисковым фрезам характеризуются также и меньшей жесткостью. В то же время этими инструментами можно фрезеровать пазы шириной до 50 мм. Особенно эффективно применение концевых фрез при обработке пазов в труднодоступных местах и на заготовках, изготовленных из вязких материалов.

Пазы типа «ласточкин хвост» (рис. 1.13, *n*) фрезеруют за два перехода. При первом переходе фрезеруют паз прямоугольной формы концевой фрезой с оставлением припуска на дальнейшую обработку. На втором переходе используют специальную фрезу, которая обеспечивает формирование паза типа «ласточкин хвост» в соответствии со схемой, представленной на рис. 1.13, *n*. Этот же принцип используется и при изготовлении Т-образных пазов (рис. 1.13, *p*).

Точные по размерам и расположению на детали шпоночные пазы фрезеруют специальными шпоночными фрезами за несколько рабочих ходов в соответствии со схемой, представленной на рис. 1.13, *m*. При этом способе заготовке придают вертикальное движение подачи в направлении фрезы $D_{св}$, что обеспечивает врезание фрезы в заготовку на 0,1–0,3 мм, а затем движением продольной подачи $D_{спр}$ фрезеруют паз на всю длину. Дальнейшую обработку осуществляют аналогичными циклами до достижения заданной глубины паза. Шпоночные пазы невысокой точности можно фрезеровать с помощью концевых фрез в соответствии со схемой, представленной на рис. 1.13, *c*.

Одним из распространенных и сложных видов фрезерования является изготовление зубьев зубчатых колес. Выполняется эта операция различными способами, схема одного из которых представлена на рис. 1.13, *y*. В качестве инструмента при обработке по данной схеме используют дисковую модульную фрезу, профиль которой в поперечном сечении соответствует профилю канавки венца зубчатого колеса. В связи с этим данный метод получил название метода копирования.

После фрезерования первой канавки заготовку поворачивают на угол, соответствующий угловому шагу одного зуба, и фрезеруют вторую канавку. Таким способом последовательно изготавливают весь зубчатый венец.

Устройство и назначение универсального горизонтально–фрезерного станка

Универсальный горизонтально–фрезерный станок относят к группе станков, предназначенных для эксплуатации в условиях единичного и мелкосерийного производств. На рис. 1.14 представлен общий вид станка модели 6Т82, относящегося к станкам этого типа.

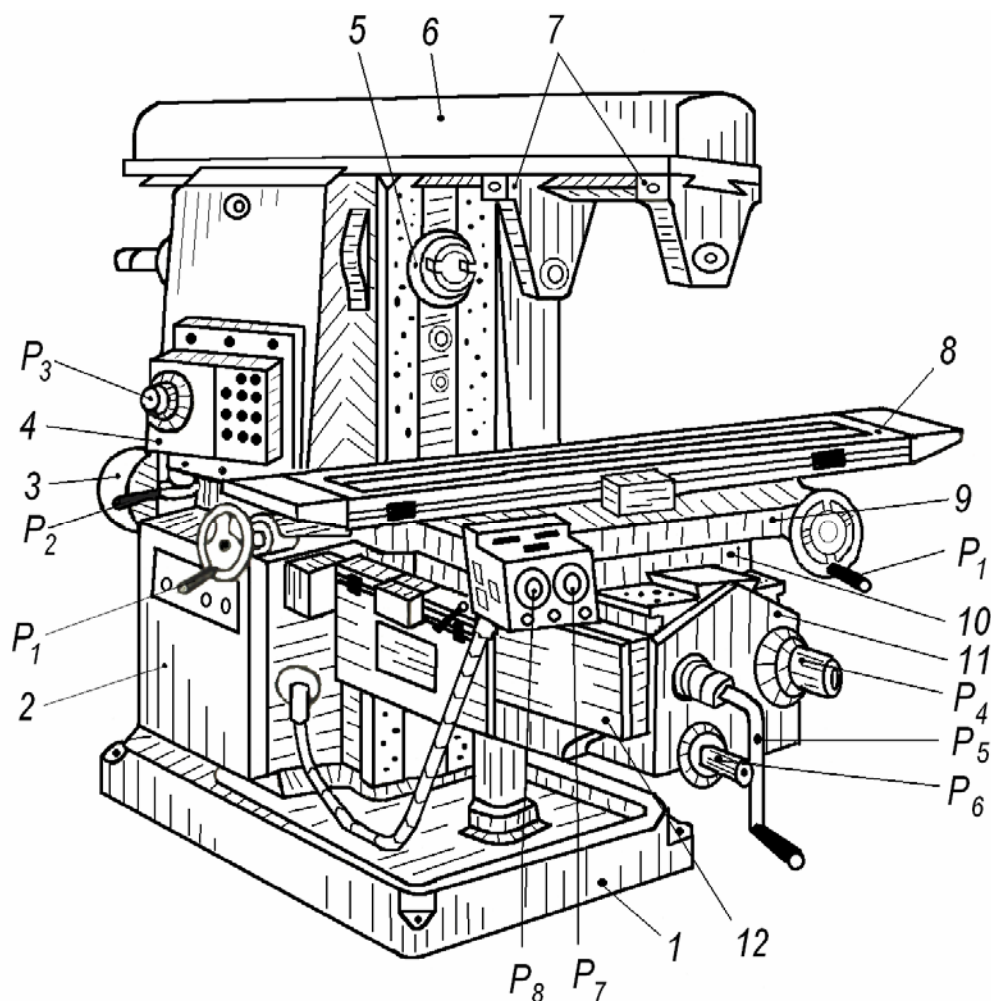


Рис. 1.14. Общий вид универсального горизонтально-фрезерного станка модели 6Т82

На фундаментной плите 1 станка закреплена станина 2. В направляющих верхней части станины располагается хобот 6 с серьгами 7. Серьги служат для поддержания оправки (на рисунке не указана), которую левым концом устанавливают в шпинделе 5 станка. Оправка вместе с надетой на нее фрезой (дисковой, цилиндрической, угловой) получает вращение от горизонтально расположенного шпинделя. На данном станке также могут быть использованы торцовые и концевые фрезы, но их устанавливают, а потом закрепляют непосредственно в шпинделе 5 станка. В этом случае фреза будет вращаться вокруг горизонтальной оси и осуществлять обработку по схеме, представленной на рис. 1.13, в.

На задней стенке станины закреплен электродвигатель 3, обеспечивающий вращение шпинделя 5. Внутри станины размещена коробка скоростей 4, служащая для изменения частоты вращения шпинделя с фрезой.

Коробка скоростей позволяет сообщать шпинделю, а следовательно, и фрезе до 18 различных частот вращения (от 31,5 до 1600 об/мин), изменяемых ступенчато с помощью рукояток P_2 и P_3 . Пуск и остановку вращения шпинделя выполняют кнопками P_7 и P_8 .

Консоль станка 11 имеет возможность перемещаться по направляющим станины в вертикальном направлении (движение вертикальной подачи). На консоли размещены поперечные салазки 10 , поворотная часть стола 9 и стол 8 . Заготовку закрепляют на столе станка, который вместе с ней получает при обработке продольное перемещение (движение продольной подачи). Движение поперечной подачи заготовке сообщают с помощью салазок 10 , перемещающихся по поперечным направляющим консоли.

В отличие от обычного горизонтально-фрезерного станка данный станок обеспечивает возможность поворота верхнего стола станка 9 вокруг вертикальной оси поперечных салазок 10 вправо или влево на угол до 45^0 . Величину угла поворота определяют по градусным делениям, нанесенным на поворотной части поперечных салазок станка.

Продольное, поперечное и вертикальное движения заготовки можно осуществлять как вручную, так и автоматически. Ручное перемещение совершают соответственно с помощью рукояток P_1 (две рукоятки), P_4 , P_5 . Для создания автоматического движения подачи и регулирования ее величины на станке предусмотрены коробка подач 12 и автономный электродвигатель (на рисунке не показан). Коробка подач связывает электродвигатель движений подач с консолью 11 , поперечными салазками 10 и столом 8 . С помощью этой коробки обеспечивают возможность получения 22-х различных значений подач, ступенчато регулируемых рукояткой P_6 в пределах от 12,5 до 1250 мм/мин.

Фрезерные приспособления

В процессе фрезерования заготовка должна быть закреплена в необходимом по отношению к фрезе положении, а само крепление должно быть достаточно прочным и жестким, чтобы противостоять силам резания, возникающим при обработке. Чаще всего с этой целью применяют планки, машинные тиски, упоры и универсальную делительную головку, которые и называют приспособлениями.

К простейшему виду крепёжных приспособлений относят прижимные планки, которые при помощи болтов прижимают заготовку либо к поверхности стола, либо к особым планкам, которые подкладывают под заготовку (рис. 1.15). Квадратные головки болтов при этом вводят в Т-образные пазы стола станка.

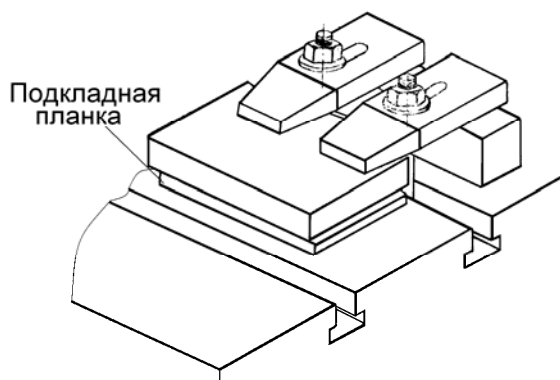


Рис. 1.15. Крепление заготовки прижимными планками

Для закрепления заготовок широко применяют машинные тиски, у которых одна из губок неподвижна.

В зависимости от того, как должна быть установлена заготовка по отношению к фрезе, используют простые (рис. 1.16, а), поворотные (рис. 1.16, б) и универсальные (рис. 1.16, в) машинные тиски.

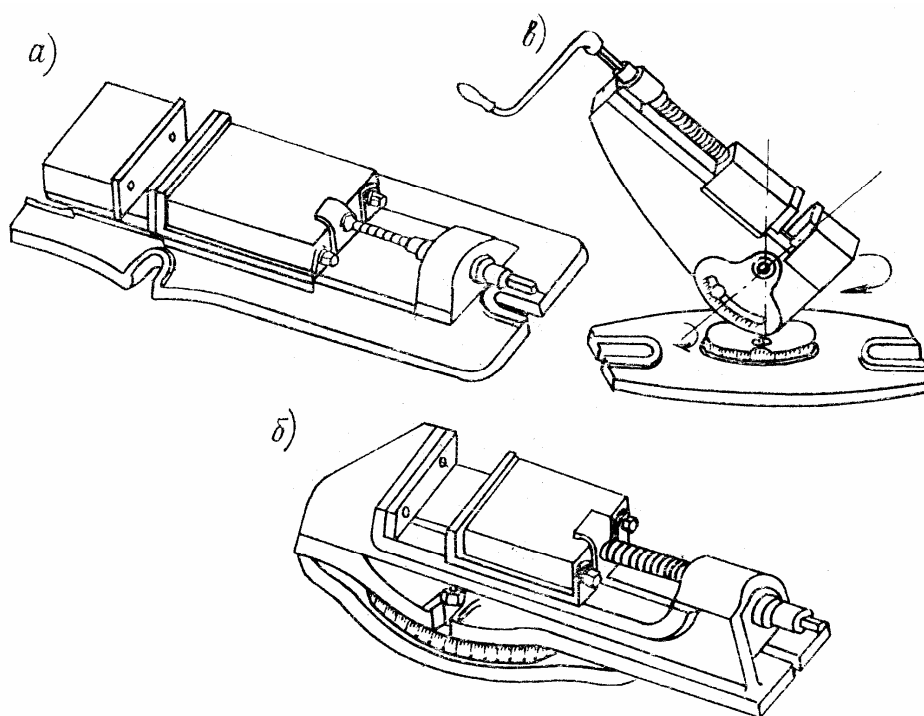


Рис. 1.16. Типы машинных тисков: а) простые, б) поворотные, в) универсальные

Поворотные тиски обеспечивают возможность поворота заготовки без ее раскрепления вокруг вертикальной оси, а универсальные – вокруг вертикальной и горизонтальной осей. Углы поворота устанавливают по значениям, указанным на круговых шкалах основания тисков.

Тиски закрепляют на столе станка при помощи болтов, головки которых вводят в Т-образные пазы стола.

Универсальная делительная головка. Одним из сложных видов работ, выполняемых на фрезерных станках, является последовательное фрезерование на заготовке нескольких фасонных канавок, расположенных под заданными углами друг к другу. Примером детали с такими канавками является зубчатое колесо, схема фрезерования одной из канавок которого представлена на рис. 1.13, у.

Последовательное фрезерование очередной канавки после фрезерования предыдущей без раскрепления и снятия заготовки со станка требует поворота ее на заданный между канавками угол. С этой целью используют приспособление, называемое *универсальной делительной головкой* (рис. 1.17).

Универсальные делительные головки (УДГ) значительно расширяют технологические возможности фрезерных станков, способствуют повышению

как производительности, так и точности обработки.

Применение делительных головок позволяет устанавливать обрабатываемую заготовку под заданным углом к плоскости стола станка, выполнять ее поворот на требуемый угол, обеспечивать непрерывное вращение заготовки с различной частотой при фрезеровании винтовых канавок.

Универсальные делительные головки используют при выполнении таких

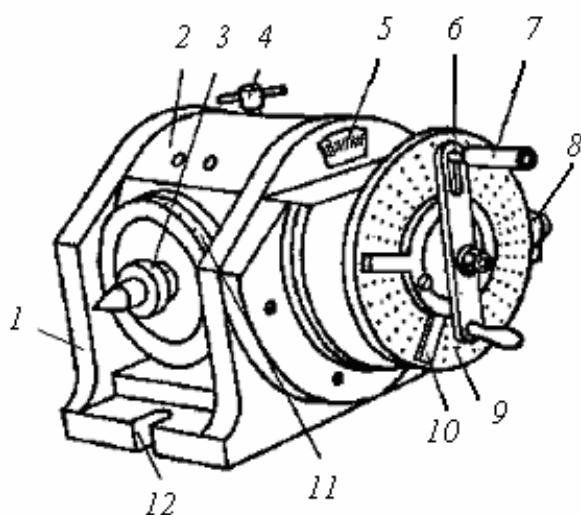


Рис. 1.17. Универсальная делительная головка

видов работ, как нарезание зубьев зубчатых колес, фрезерование стружечных канавок у сверл, разверток, зенкеров, метчиков, фрез; фрезерование боковых граней специальных болтов, гаек и т. п.

Устройство УДГ. Универсальная делительная головка состоит из неподвижного корпуса 1, на основании которого расположены два паза 12, предназначенные для закрепления УДГ на столе станка. В корпусе 1 установлена поворотная часть 2, внутри которой находится шпиндель 3. Поворотная часть УДГ позволяет установить шпиндель 3 относительно

горизонтальной плоскости под углом до 90^0 вверх и до 10^0 вниз. Отсчет угла наклона положения шпинделя производят по шкале 5. На наружной поверхности переднего конца шпинделя имеется резьба, служащая для закрепления трехкулачкового самоцентрирующего патрона. Внутренняя поверхность переднего конца шпинделя имеет конусное отверстие, в которое можно установить приспособления типов «центр», «переходная втулка» и «цанговый патрон».

Поворот шпинделя вокруг его оси осуществляют вращением рукоятки 7 со стержнем 6, который предназначен для фиксации положения рукоятки относительно делительного диска 9. На этом диске выполнены делительные круги, представленные в виде отверстий одинакового диаметра, расположенных на равных расстояниях друг от друга (по 11 кругов с каждой стороны). Отверстия в кругах предназначены для размещения конца стержня фиксатора. Количество отверстий на делительных кругах, расположенных с одной стороны делительного диска, равно 24, 25, 28, 30, 34, 37, 38, 39, 41, 42 и 43, и с другой стороны — 45, 46, 49, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 62, 66.

Вращение от рукоятки 7 через систему механических передач с передаточным отношением $1/40$ передается на вал шпинделя 3. Величину, обратную передаточному отношению N , называют характеристикой делительной головки ($N = 40$). Таким образом, число N соответствует числу оборотов рукоятки, необходимому для осуществления поворота шпинделя УДГ на 360^0 .

Поворот шпинделя вместе с заготовкой на равные или неравные углы, выполняемый с помощью УДГ, называют «делением». Определение угла поворота производят по лимбу 11 или с помощью делительного диска 9. В связи с этим рассматривают три метода деления с помощью УДГ: непосредственное, простое и дифференциальное.

Непосредственное деление осуществляют поворотом шпинделя УДГ с закрепленной на нем заготовкой рукояткой 7, при этом отсчет угла поворота ведут по лимбу 11. Данный метод не обеспечивает высокую точность угла поворота. Его применяют при повороте заготовок на углы типовых значений: 10, 20, 30, 40, 60, 90, 120, 180 градусов.

Простое деление реализуют в тех случаях, когда требуется обеспечить высокую точность углового расположения обрабатываемых поверхностей заготовки друг относительно друга.

Заготовку при использовании данного метода поворачивают на заданный угол α (заданную часть окружности) вращением рукоятки 7. Требуемая точность углового расположения обработанных поверхностей достигается применением в процессе «деления» делительного диска 9 и проведением до обработки некоторых расчетов с последующей несложной наладкой УДГ.

Основная задача при расчетах состоит в определении числа оборотов n_p рукоятки 7, которое следует сделать для поворота заготовки на заданный угол α . Это число определяют по формуле

$$n_p = N/z, \quad (1.6)$$

где z – часть полного оборота заготовки, соответствующая повороту ее на заданный угол α ; $z = 360/\alpha$. При фрезеровании многогранника значение z соответствует числу его граней.

Из полученного по формуле (1.6) числа выделяют целую A и дробную a/b части:

$$n_p = N/z = A + a/b. \quad (1.7)$$

Таким образом, для поворота заготовки на $1/z$ часть рукояткой 7 нужно сделать A полных оборота и часть оборота, соответствующую значению простой дроби a/b .

Поворот заготовки на часть оборота осуществляют с использованием делительного диска. Для этого на диске находят тот круг с отверстиями, число которых m кратно знаменателю дроби, определяют множитель $k = m/b$ и умножают на этот множитель числитель и знаменатель, получая дробь ka/kb . Определенное таким образом число в знаменателе соответствует числу отверстий в выбранном круге на делительном диске, а числитель указывает, на какое число промежутков между отверстиями этого круга следует повернуть рукоятку УДГ для поворота заготовки на часть оборота, равную a/b (заданный угол α).

После этого осуществляют наладку УДГ. Для этого рукоятку 7 устанавливают фиксатором на делительном круге с числом отверстий, равным m , а стержень – фиксатор вводят в одно из отверстий диска.

В процессе «деления» рукоятку делительной головки поворачивают на A полных оборота и дополнительно на часть оборота, равную произведению ka , которая определяется по числу промежутков между отверстиями

делительного круга. Количество промежутков между отверстиями делительного круга, равное произведению ka , настраивается с помощью раздвижного сектора 10 .

Дифференциальное деление. Дифференциальное деление применяют при необходимости поворота заготовки на заданный угол в том случае, когда метод непосредственного деления не обеспечивает заданную точность углового расположения обработанных поверхностей, а возможность такого поворота простым методом не предусмотрена. Методика выполнения деления этим методом в данной работе не рассматривается.

Наладка универсального горизонтально–фрезерного станка для фрезерования фасонных канавок

Наладка станка на фрезерование системы фасонных канавок, расположенных на заготовке под заданными углами друг к другу, включает: установку и закрепление фрезы, установку УДГ, ее подготовку к работе, установку на УДГ заготовки и ее закрепление, наладку режима фрезерования.

Установка и закрепление фрезы на станке. Цилиндрические и дисковые фрезы, которые имеют посадочные отверстия, расположенные по оси инструмента, устанавливают на цилиндрической оправке, диаметр которой равен диаметру осевого отверстия фрезы (рис. 1.18).

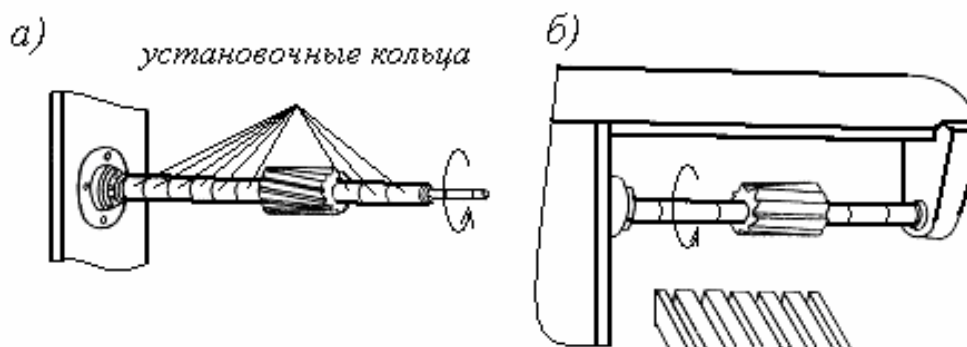


Рис. 1.18. Установка фрезы на оправке

Для того чтобы фреза оказалась расположенной на необходимом участке оправки, по обе ее стороны размещают так называемые установочные кольца (рис. 1.18, а), отверстия которых, также как и у фрезы, равны диаметру оправки. Сама оправка, снабженная с одного конца конусообразным хвостовиком, вводится в такое же отверстие шпинделя. Свободный конец фрезерной оправки поддерживается подшипником подвески (рис. 1.18, б).

Фрезы, имеющие конусообразный хвостовик, закрепляют непосредственно в таком же отверстии шпинделя станка. Для прочного удержания фрез и фрезерных оправок с конусообразным хвостовиком служит натяжной болт, который пропускается через отверстие полого шпинделя и ввинчивается в резьбовое отверстие хвостовика фрезы или оправки.

Установка и закрепление заготовки. При необходимости периодического поворота заготовки в ходе обработки ее установка и закрепление могут быть реализованы следующими способами (рис. 1.19):

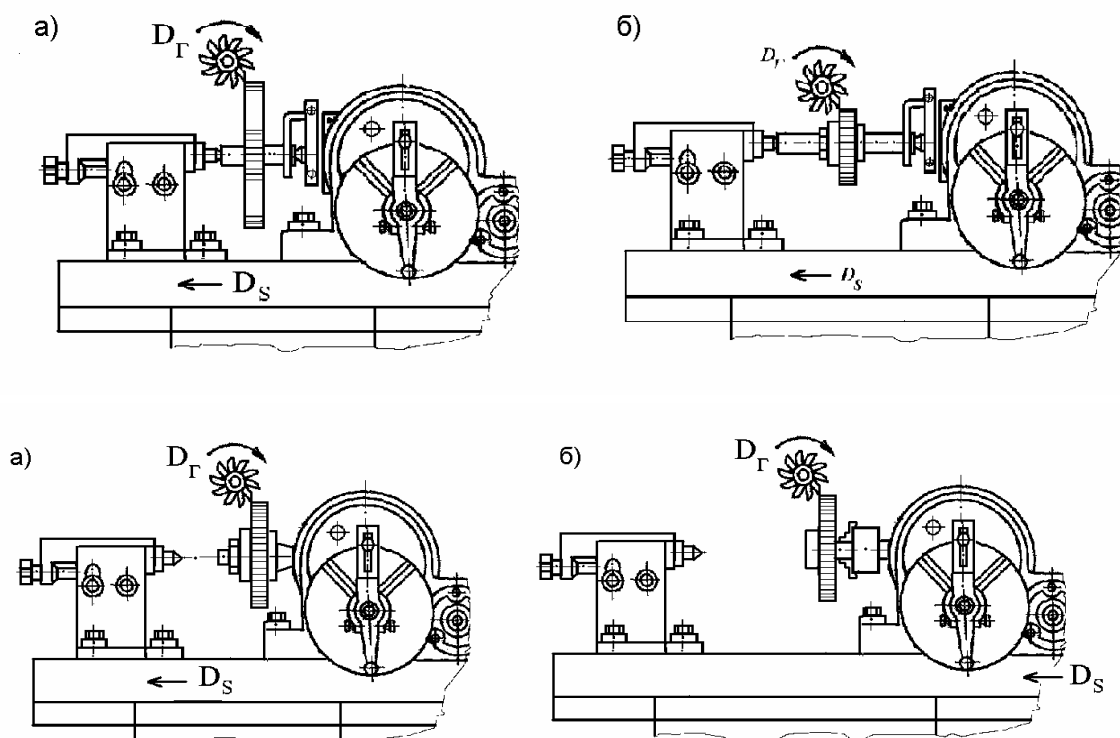


Рис. 1.19. Способы установки заготовки с использованием делительной головки

- в центрах делительной головки и задней бабки (рис. 1.19, а);
- на оправке, установленной в центрах делительной головки и задней бабки (рис. 1.19, б);
- на оправке, установленной в коническом отверстии шпинделя делительной головки (рис. 1.19, в);
- в трехкулачковом патроне, навернутом на резьбовой конец шпинделя делительной головки (рис. 1.19, г);
- в цанговом патроне, установленном в коническом отверстии шпинделя делительной головки.

После установки и закрепления фрезы и заготовки необходимо перемещениями консоли, поперечных салазок и продольного стола расположить заготовку относительно фрезы так, чтобы после обработки были выполнены требования чертежа по расположению на детали обработанной поверхности. Пример такой установки при фрезеровании впадины зубчатого колеса показан на рис. 1.13, у.

Установка режима резания. Элементами режима резания при фрезеровании являются: скорость главного движения резания v , м/мин, подача заготовки S и глубина резания t , мм. Скорость главного движения резания представляет собой окружную скорость точек режущих кромок лезвия фрезы, наиболее удаленных от её оси. Скорость резания определяют по формуле

$$v = \pi D_{фр} n / 1000, \quad (1.8)$$

где $D_{фр}$ – диаметр фрезы, мм; n – частота вращения фрезы, об/мин.

Подача S – поступательное перемещение заготовки относительно фрезы в единицу времени. Подачу выбирают, исходя из прочности обрабатываемого материала и режущего инструмента, глубины резания и требований к шероховатости обработанной поверхности.

При фрезеровании различают три вида подач:

- минутную подачу S_m , мм/мин, которая соответствует величине перемещения стола с заготовкой за минуту;
- подачу на оборот S_o , мм/об, равную значению перемещения стола с заготовкой за один оборот фрезы;
- подачу на зуб S_z , мм/зуб, которая равна перемещению стола с заготовкой за время поворота фрезы на угловой шаг ее зубьев. Подачу на зуб выбирают из справочника. Она является исходной для расчета S_o и S_m :

$$S_o = S_z z ; \quad (1.9)$$

$$S_m = S_o n = S_z z \cdot n. \quad (1.10)$$

Глубиной резания называют расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями заготовки по нормали к обработанной поверхности.

На основе заданной или выбранной по справочнику скорости главного движения резания рассчитывают частоту вращения шпинделя $n_{расч}$ на основе формулы (1.8), а затем по табличным данным станка выбирают

частоту вращения шпинделя, выполнив условие $n_{см} \leq n_{расч}$. Вслед за этим рукоятки коробки скоростей устанавливают в положения, обеспечивающие выбранное значение $n_{см}$.

Исходя из принятой частоты вращения шпинделя $n_{см}$, числа зубьев фрезы и подачи на зуб S_z по формуле (1.10) рассчитывают минутную подачу. На станке устанавливают ближайшее меньшее значение минутной подачи, которое указано на таблице коробки подач станка.

Установку фрезы на необходимую глубину резания t при фрезеровании осуществляют следующим образом:

- сообщают фрезе вращательное движение;
- подводят фрезу до касания с обрабатываемой поверхностью заготовки вращением рукояток продольной, поперечной и вертикальной подач;
- отводят заготовку от фрезы;
- вращением рукоятки вертикальной подачи перемещают стол с заготовкой на глубину резания немного меньшую, чем требуемая глубина резания t ;
- фрезеруют поверхность заготовки ручным движением подачи на длину 3–5 мм;
- отводят заготовку, останавливают вращение фрезы и измеряют полученный размер;
- корректируют положение заготовки относительно фрезы перемещением стола в направлении установленной глубины резания на расстояние, равное разности между получившимся и требуемым размерами;
- включают механическую подачу стола и фрезеруют поверхность заготовки.

Содержание работы

Лабораторная работа включает: изучение видов фрезерных работ и типов фрез, устройства, назначения и основ наладки горизонтально-фрезерного станка и УДГ, выбор схем фрезерования поверхностей заготовки при выполнении индивидуального задания, разработку последовательности обработки заготовки и оформление этой последовательности в виде технологического документа.

Последовательность выполнения работы

1. Изучите виды фрезерных работ, режущий инструмент и приспособления для закрепления заготовки. Ознакомьтесь с этими элементами технологической системы по демонстрационным стендам.

2. Изучите устройство и назначение универсального горизонтально-фрезерного станка модели 6Т82 и универсальной делительной головки.

3. Проследите за выполнением на станке учебным мастером следующих фрезерных работ: фрезерование горизонтальных, вертикальных и фасонных поверхностей, уступов, разрезание, фрезерование прямых и винтовых канавок.

4. Получите индивидуальное задание для самостоятельной работы (табл. 1.3) по разработке последовательности и схем изготовления указанных на чертеже поверхностей детали методом фрезерования и выбору технологической оснастки.

Выполните перечисленные далее действия.

5. Для каждой из обрабатываемых поверхностей выберите схему фрезерной обработки из схем, представленных на рис. 1.13, режущий инструмент и приспособления.

Примечание. На чертеже индивидуального задания (см. табл. 1.3) изготавливаемые поверхности детали выделены утолщенными линиями. Припуск на обработку показан пунктирной линией.

6. По табл. 1.4 выберите тип фрезы и ее параметры для обработки каждой из поверхностей. Согласуйте Ваш выбор с преподавателем.

7. С помощью преподавателя разработайте последовательность обработки заготовки. Предварительно ознакомьтесь (при необходимости) с материалом раздела «Технология изготовления изделия и технологическая документация» работы 1.1.

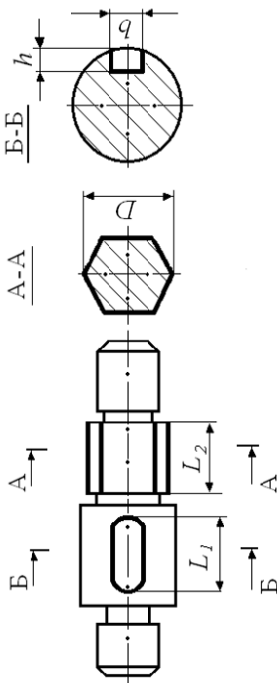
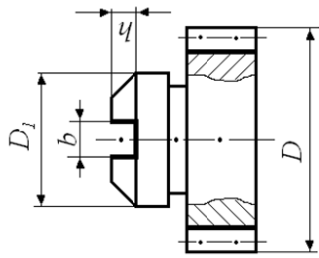
8. Разработайте технологический маршрут фрезерной обработки заготовки и представьте его в форме табл. 1.5.

9. Выполните расчеты по наладке станка и УДГ на обработку одной из поверхностей, определив $n_{см}$, S_m , t по формулам (1.7) – (1.10).

10. Составьте последовательность действий рабочего при наладке станка и УДГ для изготовления детали Вашего задания.

Таблица 1.3

Индивидуальные задания

Номер задания	Эскиз детали	Размеры детали, мм						Число граблей (зубьев)	Элементы режима резания		
		D	L_1	L_2	b	h	D_1		t , мм	v , м/мин	S_z , мм/зуб
1		30	40	15	12	5	45	6	3	26	0,02
2		35	50	20	14	5,5	50	7	5	24	0,04
3		40	60	25	16	6	55	9	6	23	0,04
4		50	70	30	18	7	65	12	6	22	0,06
5		60	—	—	8	10	35	30	10	50	0,02
6		80	—	—	10	15	50	25	15	45	0,02
7		100	—	—	15	20	70	50	20	38	0,02
8		120	—	—	18	22	90	60	22	35	0,04

Окончание табл. 1.3

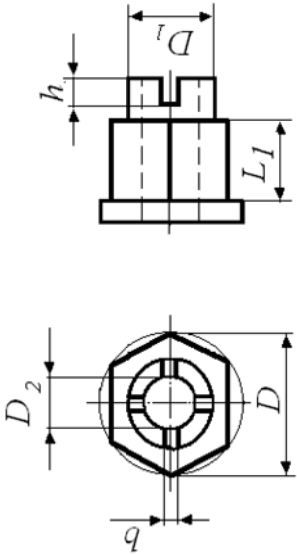
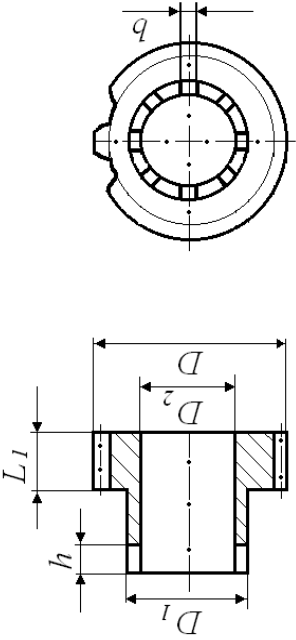
Номер задания	Эскиз детали	Размеры детали, мм						Число граблей (зубьев)	Элементы режима резания		
		D	L_1	b	h	D_1	D_2		t , мм	φ мин	S_z мм/зуб
9		70	15	8	10	40	24	5	3	26	0,02
10		80	20	10	15	50	27	6	4	24	0,04
11		90	25	12	20	60	30	7	5	26	0,02
12		100	30	16	25	70	33	9	6	24	0,04
13		70	25	8	10	50	30	35	10	40	0,02
14		90	30	10	12	70	50	45	12	30	0,04
15		110	35	12	15	90	70	55	15	26	0,1
16		130	40	15	20	110	90	65	20	26	0,02

Таблица 1.4

Параметры фрез

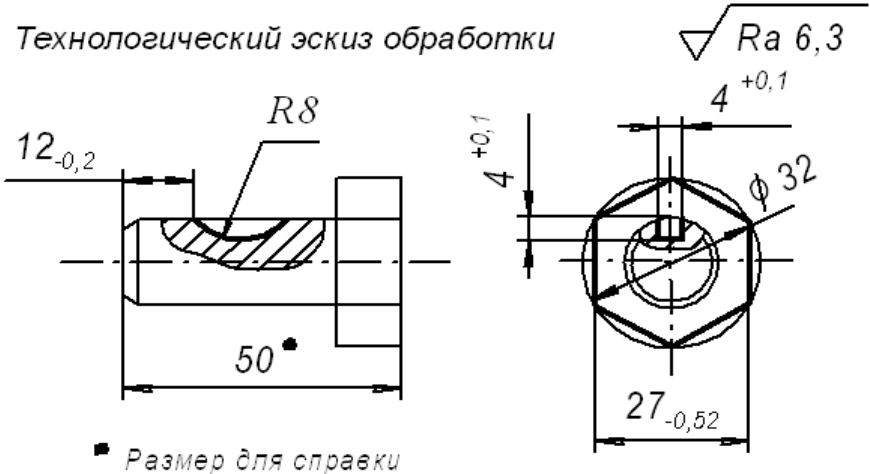
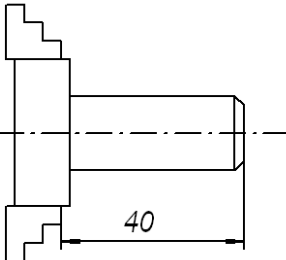
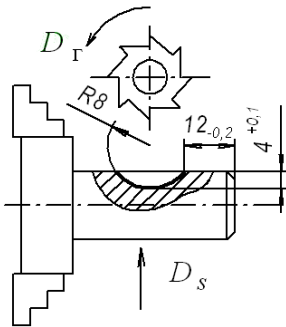
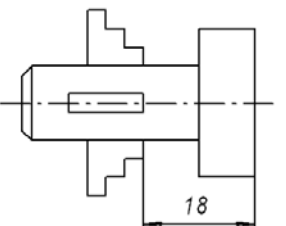
№ пп	Тип фрезы	Диаметр фрезы, D_{ϕ} , мм	Число зубьев фрезы, $z_{\phi p}$
1	Концевая фреза	6–18	4
2		20–30	5
3		32–40	6
4	Дисковая (дисковая модульная) фреза	50	10
5		63	10
6		80	12
7		100	14
8	Цилиндрическая фреза	80	8
9		100	10
10		125	10

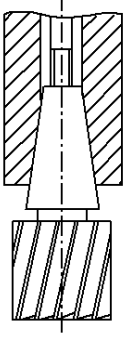
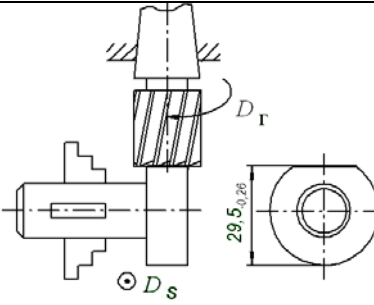
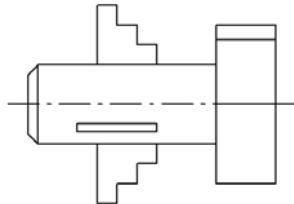
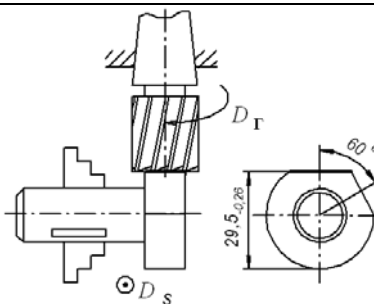
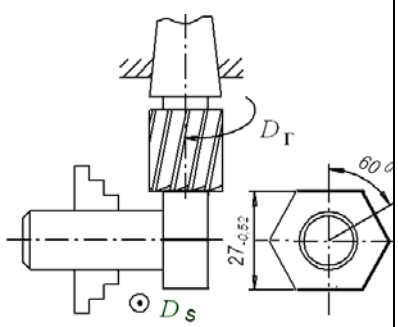
Содержание отчета

1. Наименование работы.
2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (см. табл. 1.3).
Индивидуальное задание: «Разработать последовательность фрезерной обработки заготовки детали «.....», выбрать технологическую оснастку и режим обработки, составить технологический маршрут обработки».
3. Чертеж детали с указанием поверхностей, подлежащих обработке (по примеру табл. 1.5).
4. Технологическая карта на изготовление заданной детали.
5. Расчеты, необходимые для наладки станка на обработку одной из поверхностей (по указанию преподавателя):
 - определение частоты вращения шпинделя станка n_{cm} ;
 - выбор значения подачи S_m ;
 - расчет числа рабочих ходов, необходимых для удаления припуска;
 - расчеты для наладки УДГ по формулам (1.6) – (1.7).
6. Содержание и последовательность наладки станка и УДГ на фрезерование заготовки.

Таблица 1.5

Технологический маршрут фрезерной обработки заготовки детали «Болт»

Технологический эскиз обработки  ■ Размер для справки				
Номер перехода	Содержание перехода	Эскиз перехода	Режущий инструмент	Приспособления
1	2	3	4	5
1	Установить и закрепить заготовку и дисковую фрезу		Дисковая фреза	УДГ, трехкулачковый самоцентрирующий патрон
2	Фрезеровать шпоночный паз R8		Дисковая фреза	
3	Переустановить и закрепить заготовку			

1	2	3	4	5
4	Снять диско- вую фрезу, установить концевую фрезу		Конце- вая фреза	УДГ, трехку- лачковый са- моцентри- рующий патрон
5	Фрезеровать первую грань		Конце- вая фреза	
6	Повернуть заготовку на угол 60°		—//—	
7	Фрезеровать вторую грань		—//—	
8–15	Повторить переходы 6 и 7, последователь- но фрезеруя ос- тальные грани шестигранника в размер 27_{-0,52}^{+0,52}		Конце- вая фреза	
16	Раскрепить и снять деталь			

1.3. СВЕРЛЕНИЕ, ЗЕНКЕРОВАНИЕ, РАЗВЕРТЫВАНИЕ ОТВЕРСТИЙ И НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ НА РАДИАЛЬНО–СВЕРЛИЛЬНОМ СТАНКЕ

Цель работы: знания технологических методов обработки отверстий и видов осевых режущих инструментов, устройства и назначения радиально–сверлильного станка, умения выбирать режущий инструмент в зависимости от заданной точности диаметра отверстия и шероховатости его поверхности, устанавливать на станке режимы сверления, зенкерования и развертывания.

Общие сведения

Изготовление отверстий является распространенным видом механической обработки, выполняемым на сверлильных, расточных и токарных станках. К технологическим методам обработки отверстий относят сверление, зенкерование, развертывание, зенкование и нарезание резьбы метчиками (рис. 1.20).

Сверление – операция получения глухих и сквозных отверстий в сплошном материале сверлами различных типов. Наиболее часто с этой целью применяют спиральные сверла, которые позволяют сверлить отверстия в диапазоне диаметров от 0,25 до 80 мм (рис. 1.20, а). Точность просверленных отверстий в связи с малой жесткостью инструмента, значительными осевыми силами резания и неуравновешенностью радиальных сил не высока и соответствует 12–14 квалитетам точности. Высота микронеровностей профиля обработанной поверхности отверстия превышает значения Ra 6,3 мкм.

С использованием сверла можно увеличить диаметр уже имеющегося отверстия. Такой вид обработки называют рассверливанием (рис. 1.20, б).

Зенкерование — метод обработки предварительно просверленного, штампованного или литого отверстия зенкером в целях достижения более правильной геометрической формы отверстия, прямолинейности оси, повышения точности и снижения шероховатости поверхности (рис. 1.20, в). Зенкерование обеспечивает 10–12 квалитеты точности обработки отверстия и шероховатость поверхности по параметру Ra в пределах

1,25–12,5 мкм. Этот технологический метод может быть использован для окончательной обработки или для получистовой обработки отверстия перед развертыванием.

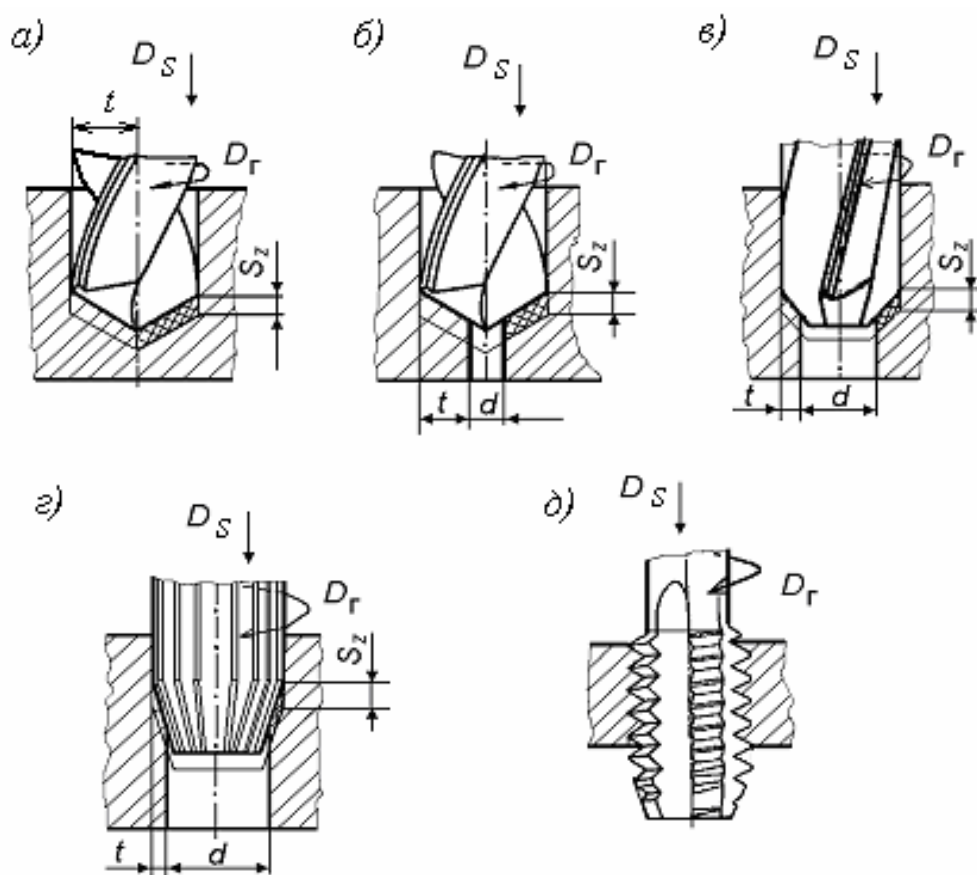


Рис. 1.20. Схемы сверления (а), рассверливания (б), зенкерования (в), развертывания (г) и нарезания резьбы (д)

Развертывание применяют для дальнейшего повышения точности и уменьшения шероховатости обработанных отверстий (рис. 1.20, г). Этот метод относят к чистовым методам обработки. Развертывание обеспечивает возможность получения 6–9 квалитетов точности и высоты неровностей профиля обработанной поверхности по параметру Ra до 0,32 мкм.

Режущие инструменты для обработки отверстий

Спиральное сверло (рис. 1.21, а) состоит из рабочей части ℓ_1 , шейки ℓ_2 , хвостовика ℓ_3 и лапки ℓ_4 . Рабочую часть сверла подразделяют на режущую ℓ_5 , несущую главные режущие кромки инструмента 3, 4, и на направляющую часть ℓ_6 . Сверло имеет два режущих лезвия (пера), поверхности которых 5 и 6 являются винтовыми поверхностями стружечных

канавок 7 и 8. По этим поверхностям, называемыми передними, в процессе сверления движется стружка.

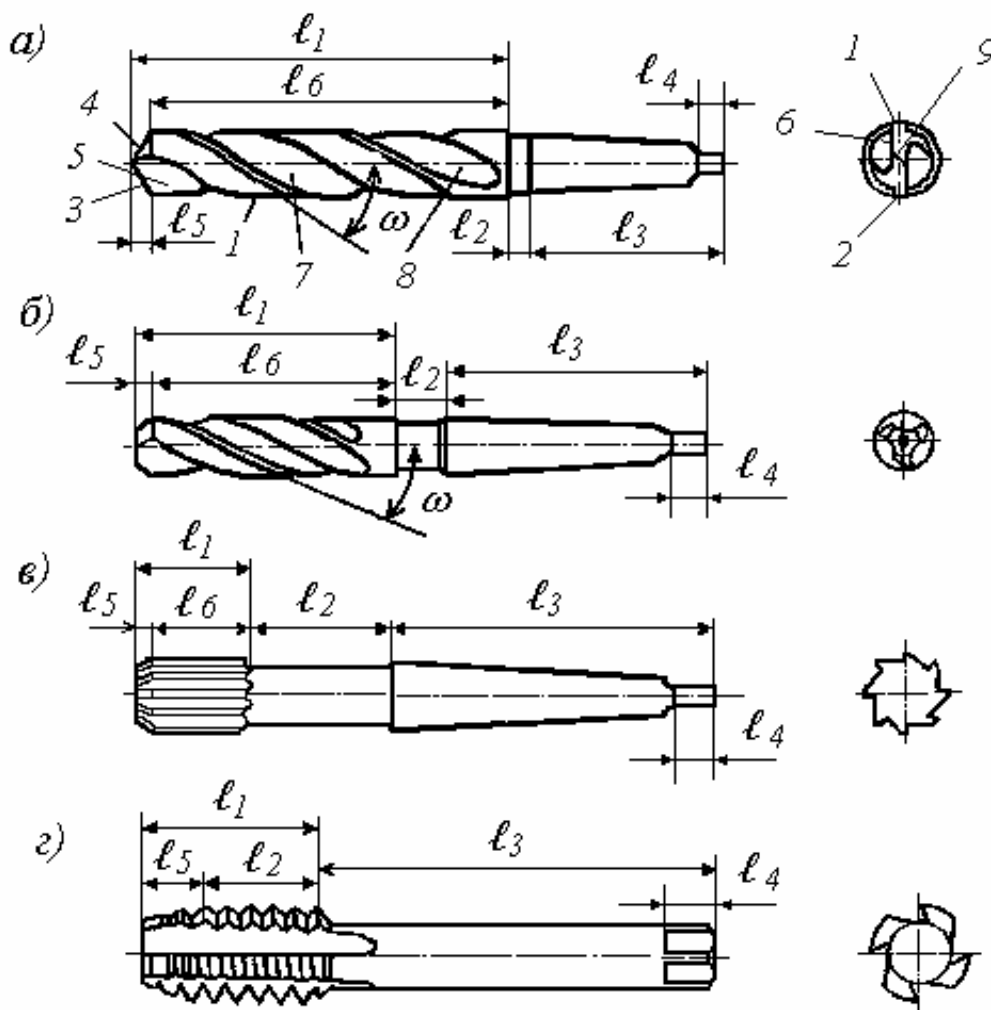


Рис. 1.21. Инструменты для обработки отверстий:

а – спиральное сверло с коническим хвостовиком; б – хвостовой зенкер; в – хвостовая машинная развертка; г – метчик

На направляющей части сверла вдоль винтовой канавки расположены две узкие ленточки 1 и 2, обеспечивающие направление движения сверла при резании. Пересечение перьев сверла формирует его вершину в виде поперечной режущей кромки 9.

Хвостовик l_3 необходим для установки сверла в шпинделе станка. Лапка l_4 , расположенная в конце хвостовика, служит упором при выбивании сверла из отверстия шпинделя.

Зенкер. По своей конструкции зенкеры бывают цельными и сборными, насадными и хвостовыми. На рис. 1.21, б изображен цельный хвостовой

зенкер. Основными его элементами являются рабочая часть ℓ_1 , состоящая в свою очередь из режущей ℓ_5 и калибрующей ℓ_6 частей, шейка ℓ_2 , хвостовик ℓ_3 и лапка ℓ_4 .

Хвостовой зенкер в отличие от спирального сверла имеет три или четыре режущих зуба с режущими кромками, расположенными на режущей части, и не содержит поперечной кромки.

Увеличение точности обработки, достигаемое зенкером, обеспечивается его большей, чем у сверла, жесткостью и меньшей глубиной резания.

Развертка – инструмент для чистовой обработки отверстий. Основное отличие развертки (рис. 1.21, в) от зенкера заключается в том, что она имеет большее число режущих зубьев (6–14), которые, срезая небольшие слои материала, обеспечивают повышенный по отношению к обработке зенкером квалитет точности отверстия.

Развертки подразделяют на машинные и ручные. Последние предназначены для обработки отверстий вручную. Машинные развертки по способу установки на станке делят на хвостовые и насадные, по конструкции рабочей части – на цельные и сборные. Конструктивными элементами хвостовой развертки являются рабочая часть ℓ_1 , шейка ℓ_2 , хвостовик ℓ_3 и лапка ℓ_4 . На рабочей части, также как у сверла и зенкера, выделяют режущую ℓ_5 и калибрующую ℓ_6 части.

Метчик (рис. 1.21, г) применяют для нарезания внутренних резьб. Метчик представляет собой винт с прорезанными прямыми или винтовыми канавками, образующими режущие кромки. Метчики бывают ручными и машинными. На рис. 1.21, г изображен ручной метчик, предназначенный для ручного нарезания резьбы. Рабочая часть метчика ℓ_1 имеет режущую ℓ_5 и калибрующую ℓ_2 части. Вращение ручного метчика осуществляют вручную с помощью приспособления – воротка, надеваемого на квадрат ℓ_4 хвостовика ℓ_3 . Машинный метчик в отличие от ручного имеет конический хвостовик с лапкой по типу аналогичных элементов спирального сверла, хвостовых зенкера и развертки. Вращение его осуществляется передачей крутящего момента от шпинделя станка через хвостовик с помощью сил трения.

Назначение и устройство радиально-сверлильного станка

Радиально-сверлильные станки предназначены для выполнения всех видов сверлильных работ на заготовках в условиях единичного и мелкосерийного производств. Станки этого типа характеризуются тем, что совмещение оси обрабатываемого отверстия и режущего инструмента осуществляют перемещением шпинделя станка с инструментом относительно неподвижно закрепленной заготовки. Для этого станок имеет подвижную шпиндельную бабку, в которой закрепляют инструмент, а также механизмы, обеспечивающие вращение и движение подачи шпинделя.

На рис. 1.22 представлен общий вид радиально-сверлильного станка. Станок имеет фундаментную плиту 1 с закрепленной на ней колонной 2. На колонну надета поворотная гильза 3, с которой соединена траверса 4. По горизонтальным направляющим траверсы перемещают шпиндельную головку 6, в которой расположены коробка скоростей и коробка подач.

Главное движение резания и движение подачи на станке реализуются соответственно вращением и осевым перемещением шпинделя 10. Источником этих движений служит электродвигатель 7. Шпиндель станка может получать 18 различных частот вращения в пределах от 37,5 до 1900 об/мин и шесть значений подач в пределах от 0,1 до 1 мм/об.

Для изменения расположения шпинделя с инструментом относительно заготовки узлам станка придают установочные движения. К таким движениям относят: поворот траверсы 4 относительно оси колонны 3, подъем и опускание траверсы с помощью электродвигателя 5 и ходового винта 11, радиальные перемещения шпиндельной головки 6 вдоль траверсы.

Автоматическое выключение движения подачи при достижении инструментом заданной глубины обрабатываемого отверстия осуществляется механизмом 9. До начала обработки этот механизм настраивают на заданную глубину отверстия рукояткой P_8 . Для этого нужно выполнить следующие действия:

- подвести рукояткой P_{11} режущий инструмент до касания с заготовкой;
- освободить поворотом рукоятки P_8 против часовой стрелки кольцо механизма (лимб) с рисками;
- повернуть лимб до совпадения деления шкалы лимба, соответствующего заданной глубине отверстия, с неподвижной риской, нанесенной

- закрепить лимб поворотом рукоятки P_8 по часовой стрелке.

– закрепить лимб поворотом рукоятки P_8 по часовой стрелке.

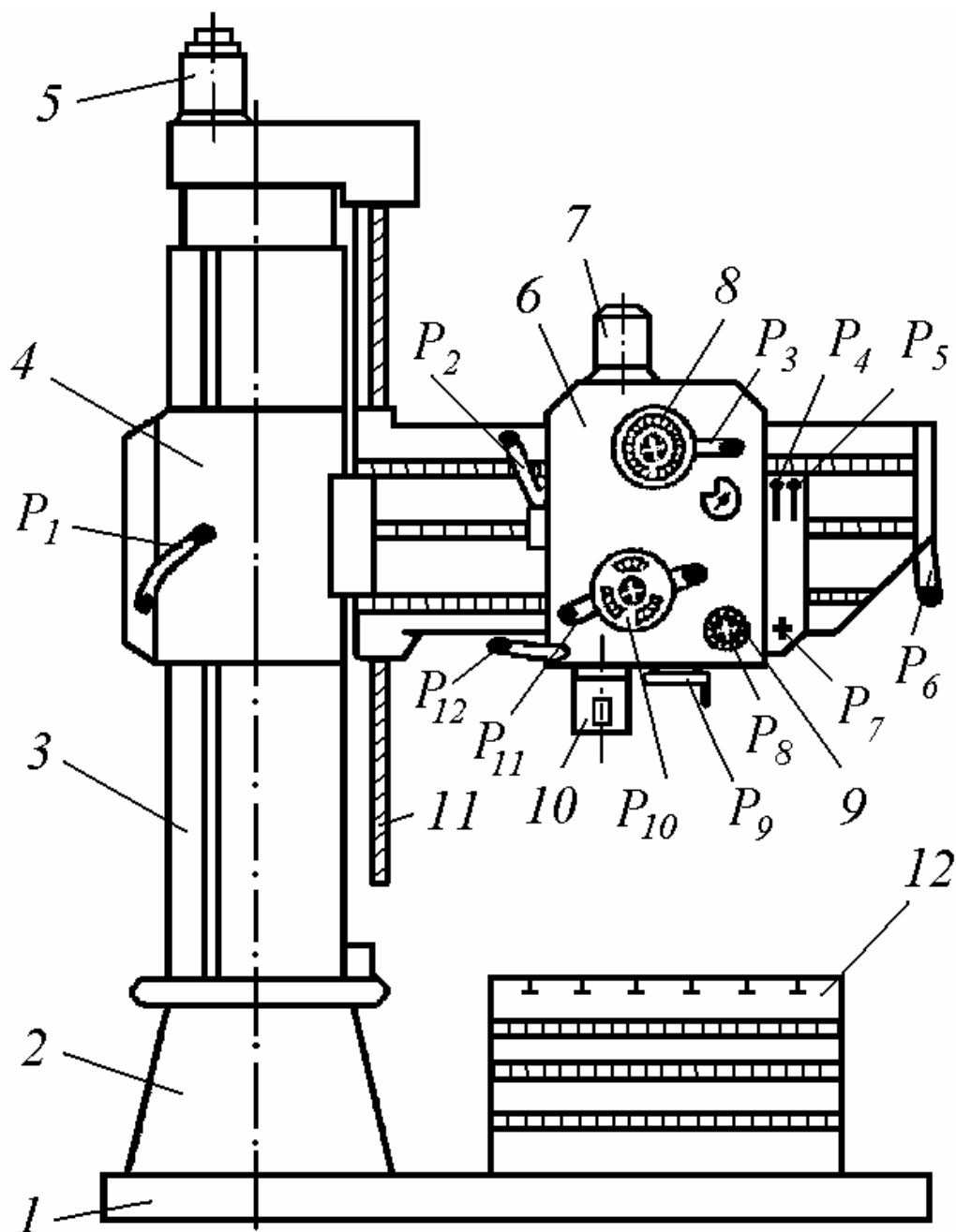


Рис. 1.22. Радиально-сверлильный станок

Для установки и закрепления обрабатываемых заготовок станок имеет стол 12. При обработке особо громоздких и тяжелых изделий последние устанавливают и закрепляют непосредственно на фундаментной плите, снабженной для этой цели Т-образными пазами, в которые заводят головки крепежных болтов.

Станок оснащен рукоятками, служащими для настройки, перемещения и закрепления отдельных его узлов, а также устройством 8 для определения параметров режимов резания при заданном инструменте и материале обрабатываемой заготовки.

С помощью рукоятки P_1 траверсу закрепляют на колонне, а рукояткой P_2 фиксируют шпиндельную головку в заданном положении на траверсе. Рукояткой P_3 устанавливают значения подачи S_0 , а рукоятки P_4 , P_5 и P_{12} служат для установки заданной частоты вращения шпинделя 10 . Рукояткой P_7 осуществляют включение и реверсирование направлений вращения шпинделя и перемещения траверсы вдоль колонны 3 . Рукоятка P_{11} выполняет функцию быстрого ручного перемещения шпинделя вверх–вниз. С ее помощью включают механическую подачу шпинделя с инструментом. Ручное движение подачи реализуют рукояткой P_9 . Маховиком P_{10} перемещают шпиндельную головку вдоль траверсы. Рукоятка P_6 предназначена для поворота траверсы вокруг колонны 3 .

Выбор режима резания при обработке отверстий

Обработка отверстия на сверлильных станках совершается в результате двух движений: вращения инструмента вокруг его оси D_r (главное движение резания) и осевого перемещения инструмента D_s (движение подачи).

Элементами режима резания при обработке отверстия являются:

– скорость главного движения резания v , м/мин, вычисляемая по формуле:

$$v = \pi D n / 1000, \quad (1.11)$$

где D – диаметр инструмента (сверла, зенкера, развертки), мм; n – частота вращения шпинделя, об/мин;

– подача за один оборот заготовки S_0 , мм/об – величина перемещения инструмента за один оборот:

$$S_0 = S_z z, \quad (1.12)$$

где S_z – подача инструмента за время его поворота на одно режущее лезвие (зуб) инструмента, мм/зуб; z – число режущих лезвий; при нарезании резьбы $S_0 = S_p$, где S_p – шаг нарезаемой резьбы;

– глубина резания t , мм: при сверлении глубина резания равна половине диаметра сверла $t = D/2$; при рассверливании, зенкеровании, развертывании

$$t = (D - d) / 2, \quad (1.13)$$

где D и d – диаметры обработанного и обрабатываемого отверстий соответственно.

Значения элементов режима резания назначают в зависимости от марки обрабатываемого материала, вида технологической обработки, материала режущей части инструмента, требований к обрабатываемому отверстию. При этом обычно пользуются справочными таблицами, номограммами или проводят расчеты по формулам теории резания.

На изучаемом радиально–сверлильном станке значения частоты вращения шпинделя и подачу при сверлении, зенкеровании, развертывании и нарезании резьбы выбирают с помощью специального устройства (рис. 1.23) следующим образом.

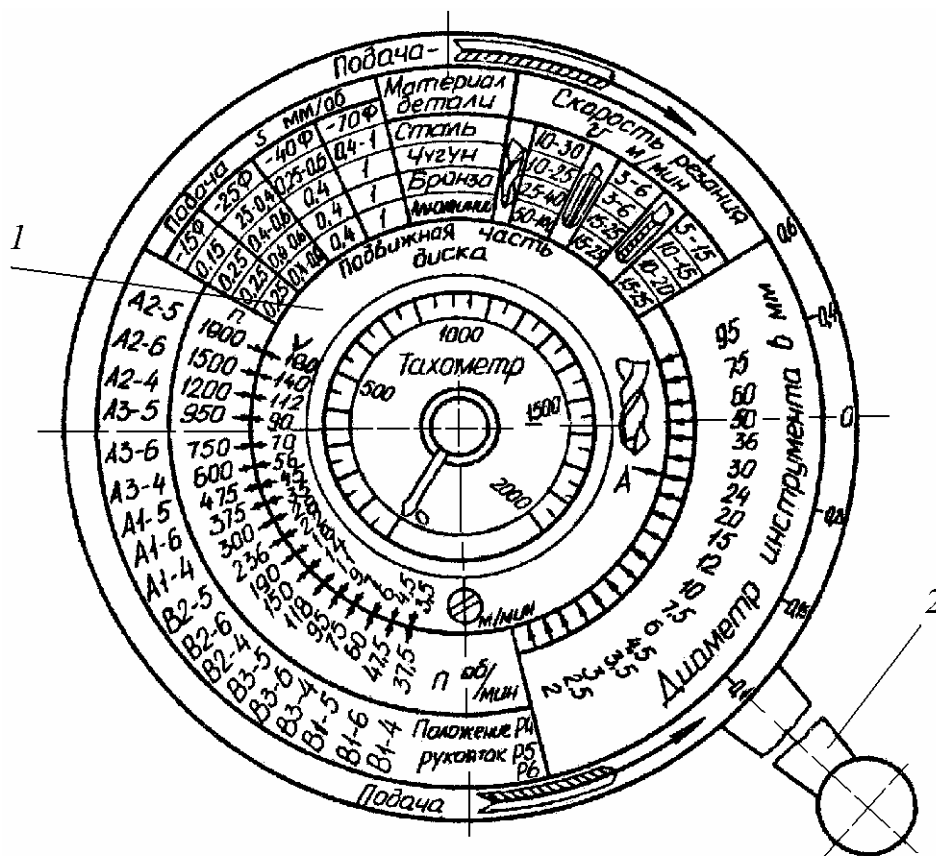


Рис. 1.23. Устройство для определения режима резания

Диск 1 устройства устанавливают так, чтобы стрелка «А» находилась против заданного диаметра инструмента или ближайшего его значения. В колонке «Материал детали» находят материал обрабатываемой заготовки, а в секторе «Скорость резания» по этому материалу выбирают для нужного метода обработки рекомендуемую скорость резания.

Значение скорости резания при зенкеровании выбирают по сектору, содержащему данные по этому параметру режима резания для сверления.

На шкале V подвижной части диска I находят выбранную скорость резания, а напротив численного значения этой скорости – необходимую частоту вращения шпинделя n , об/мин и соответствующие положения рукояток P_4 , P_5 и P_{12} .

Подачу S_0 определяют по табличке устройства «Подача» S , мм/об на окружности, соответствующей расположению заданного материала и диаметру инструмента. Устанавливают выбранное значение подачи рукояткой 2 .

Методика проведения работы

В лабораторной работе предусмотрено проведение эксперимента, по результатам которого можно оценить точность и качество отверстий в обработанной заготовке после сверления, зенкерования и развертывания. Для обеспечения возможности визуального осмотра обработанных поверхностей и упрощения измерения параметров шероховатости отверстий заготовка изготавливается из двух образцов 1 и 2 (рис. 1.24). При установке на станок эти образцы жестко скрепляют между собой с помощью двух струбцин 3 . Удерживаемую струбцинами заготовку закрепляют в машинных тисках на столе станка.

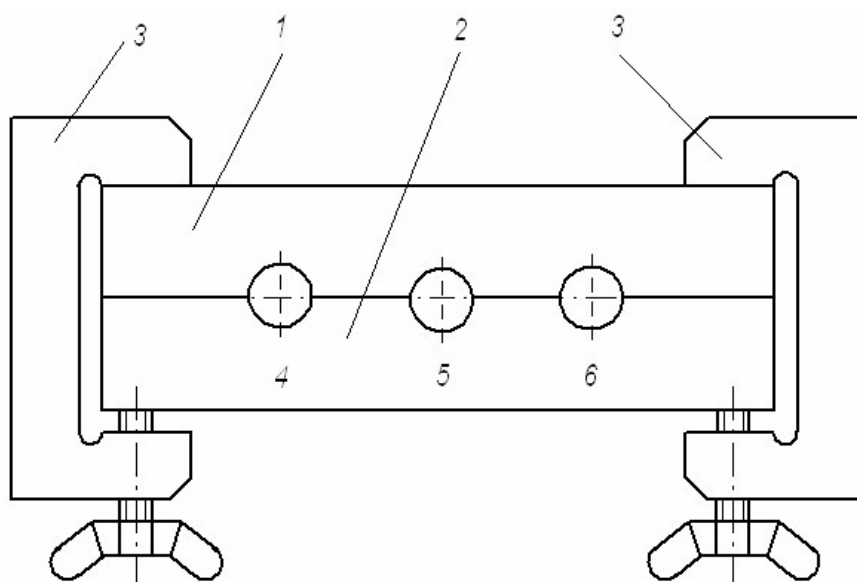


Рис. 1.24. Заготовка для проведения эксперимента

Первое отверстие в заготовке–образце (поз 4 , рис. 1.24) получают сверлением, второе (поз. 5) – сверлением и зенкерованием. Третье отверстие

(поз. б) сверлят, а затем зенкеруют и развертывают. По окончании обработки заготовку со струбцинами снимают со станка, очищают отверстия от стружки и грязи и измеряют нутромером полученные диаметры.

Нутромер является измерительным прибором относительного измерения. Перед экспериментом его настраивают «на ноль» по отверстию в эталонном кольце с известным значением диаметра отверстия $D_э$. Диаметр контролируемого отверстия на образце $D_к$ вычисляют по формуле:

$$D_к = D_э + C, \quad (1.14)$$

где C – показание на шкале нутромера, зафиксированное при измерении контролируемого отверстия.

Погрешностью обработки Δ будем считать разность между диаметром $D_к$ контролируемого отверстия и диаметром последнего использованного при обработке отверстия инструмента $D_и$:

$$\Delta = D_к - D_и. \quad (1.15)$$

Достигнутый при обработке квалитет точности диаметра отверстия можно определить, сопоставив значение вычисленной погрешности с табличными значениями допустимых отклонений отверстий (табл. 1.6).

Таблица 1.6

Допускаемые отклонения размеров отверстий диаметром 10–18 мм

Отклонения, мкм	Квалитет точности							
	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14
верхнее	+ 18	+ 27	+ 43	+ 70	+ 110	+ 180	+ 270	+ 430
нижнее	0	0	0	0	0	0	0	0

Диаметры инструментов $D_и$ измеряют на специальном приспособлении. Оценку шероховатости поверхностей полученных отверстий осуществляют измерением на профилометре–профилографе высоты шероховатости поверхности по параметру Ra , предварительно более тщательно очистив поверхности отверстий. Все результаты измерений заносят в табл. 1.7.

Последовательность выполнения работы

1. Изучите технологические возможности радиально–сверлильного станка, его устройство, методику выбора и наладки режима резания, а также инструмент, применяемый при обработке отверстий.

Таблица 1.7

Результаты эксперимента

№ п.п.	Метод обработки	$D_{и}$, мм	$D_{к}$, мм	Погреш- ность обработки, Δ , мм	Квалитет точности диаметра отверстия	Ra , мкм
1	Сверление					
2	Зенкерование					
3	Развертывание					

2. По полученным от преподавателя данным о материале заготовки и по значениям диаметров применяемых в эксперименте сверла, зенкера и развертки определите необходимые режимы резания при обработке заготовки каждым инструментом.

3. Проследите за наладкой станка учебным мастером и процессами сверления, зенкерования, развертывания отверстий и нарезания резьбы в заготовке.

4. Измерьте диаметры полученных отверстий после сверления, зенкерования и развертывания, а также шероховатость их поверхностей. Данные занесите в табл. 1.7. Определите квалитеты точности полученных отверстий, используя сведения табл. 1.6.

5. Получите индивидуальное задание от преподавателя (табл. 1.8) по определению параметров режима резания и выполните наладку станка для обработки отверстия с выбранным режимом резания.

6. Составьте отчет по работе.

Таблица 1.8

Индивидуальные задания

№ п.п.	$D_{и}$, мм	Обрабатываемый материал	Вид обра- ботки	№ п.п.	$D_{и}$, мм	Обрабаты- ваемый материал	Вид обработ- ки
1	2	3	4	5	6	7	8
1	36	Сталь	Сверле- ние	11	15	Сталь	Развер- тывание
2	20	Чугун		12	70	Чугун	
3	3	Бронза		13	28	Бронза	

1	2	3	4	5	6	7	8
4	48	Алюминий	Сверление	14	8	Алюминий	Развертывание
5	10	Сталь		15	50	Сталь	
6	4	Чугун		16	18	Чугун	
7	60	Бронза		17	14	Бронза	
8	25	Алюминий		18	40	Алюминий	
9	8	Сталь		19	32	Сталь	
10	55	Чугун		20	50	Чугун	

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель и содержание эксперимента.
3. Условия проведения эксперимента: станок, материал заготовки, материалы и параметры режущих инструментов, измерительные приборы и их характеристики, режим обработки.
4. Результаты эксперимента (по форме табл. 1.7).
5. Диаграммы достигнутых качитетов точности обработки и шероховатости обработанных поверхностей при различных видах обработки (по форме рис. 1.25).

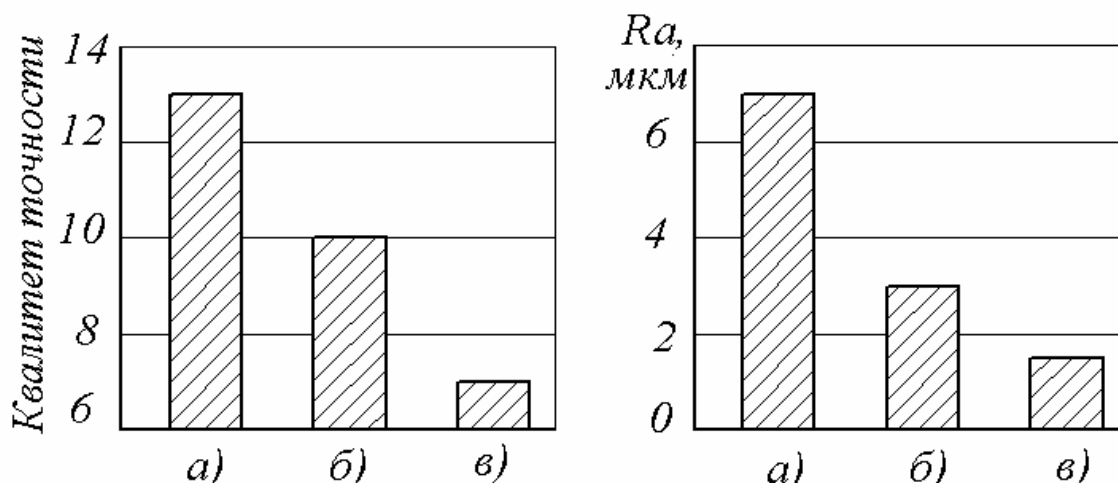


Рис. 1.25. Диаграммы достигнутых в эксперименте точности обработки и шероховатости поверхностей отверстий:

а) – сверление; б) – зенкерование; в) – развертывание

6. Выводы по эксперименту.
7. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (см. табл. 1.8).

Примечание. Формулировка индивидуального задания выполняется по следующему образцу: «Определить параметры режима резания, используя устройство станка по наладке режима резания. Установить рукоятки станка в положения, обеспечивающие выбранный режим резания».

8. Режим резания и схема расположения рукояток P_3 , P_4 , P_5 , P_{12} , обеспечивающая установку параметров режима резания по индивидуальному заданию.

1.4. ТОКАРНЫЙ РЕЗЕЦ, ЕГО ЧАСТИ И ЭЛЕМЕНТЫ

Цель работы: знания частей, конструктивных и геометрических элементов (углов) токарного проходного резца, их функций; умение определять значения углов резца с помощью настольного угломера.

Общие сведения

Токарные резцы являются наиболее распространенными инструментами, используемыми при металлообработке. Резцы применяют при продольном точении, подрезании торцов, отрезании, растачивании сквозных и глухих отверстий, обработке фасонных поверхностей, нарезании резьб, а также при выполнении ряда других работ. С некоторым приближением можно считать, что резец составляет основу режущей части любого металлорежущего инструмента. Поэтому его изучение имеет весьма важное значение для понимания сущности процесса резания.

Части и элементы токарного резца принято рассматривать в связи со схемой обработки, режимами резания и расположением резца относительно заготовки и ее поверхностей: обрабатываемой 1 , обработанной 3 и поверхности резания 2 (рис. 1.26, *а*). Поверхность резания на заготовке располагается между обрабатываемой и обработанной поверхностями. Именно с этой поверхности при резании происходит отделение стружки от основного материала.

Части, конструктивные элементы и углы лезвия резца

Токарный проходной резец состоит из лезвия (режущей части) 2 и стержня 1 (рис. 1.26, *б*).

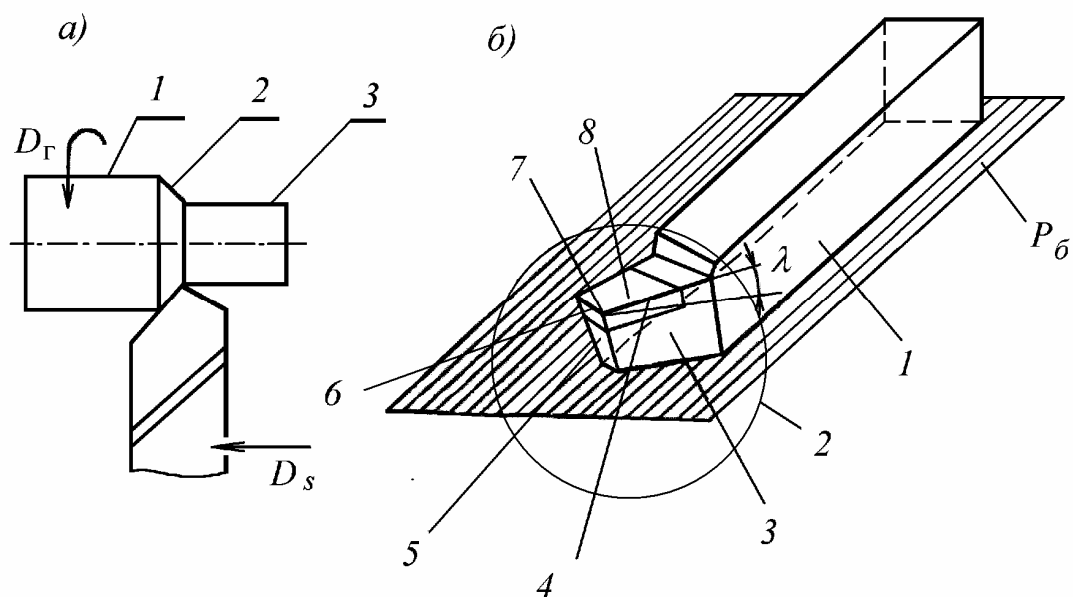


Рис. 1.26. Схема точения (а), токарный проходной резец (б)

На лезвии резца различают следующие конструктивные элементы:

- переднюю поверхность 8, по которой при резании движется стружка;
- главную заднюю поверхность 3, контактирующую с поверхностью резания на заготовке;
- вспомогательную заднюю поверхность 5, обращенную к обработанной поверхности на заготовке;
- главную режущую кромку 4, образованную пересечением передней и главной задней поверхностей лезвия резца;
- вспомогательную режущую кромку 6, образованную пересечением передней и вспомогательной задней поверхностей резца;
- вершину резца 7, являющуюся местом пересечения главной и вспомогательной режущих кромок.

Стержень резца 1 служит для его закрепления на станке. Для этого резец устанавливают плоскостью P_6 , называемой установочной, в резцедержателе станка и закрепляют не менее чем двумя болтами.

Прочность, износ, стойкость, а в целом работоспособность резца, зависят от расположения поверхностей и кромок лезвия относительно друг друга и заготовки. Это расположение принято определять геометрическими элементами, т. е. углами их наклона в одной из трех систем прямоугольных координат: инструментальной, статической и кинематической.

Инструментальная система координат применяется для определения углов резца как материального тела при его изготовлении, переточке и контроле. В данной работе эта система не рассматривается.

Статическая система координат используется для приближенных расчетов углов резца в процессе резания и для учета изменения этих углов после установки инструмента на станке (рис. 1.27). Из всех видов движения резания в этой системе учитывается только главное движение резания D_r .

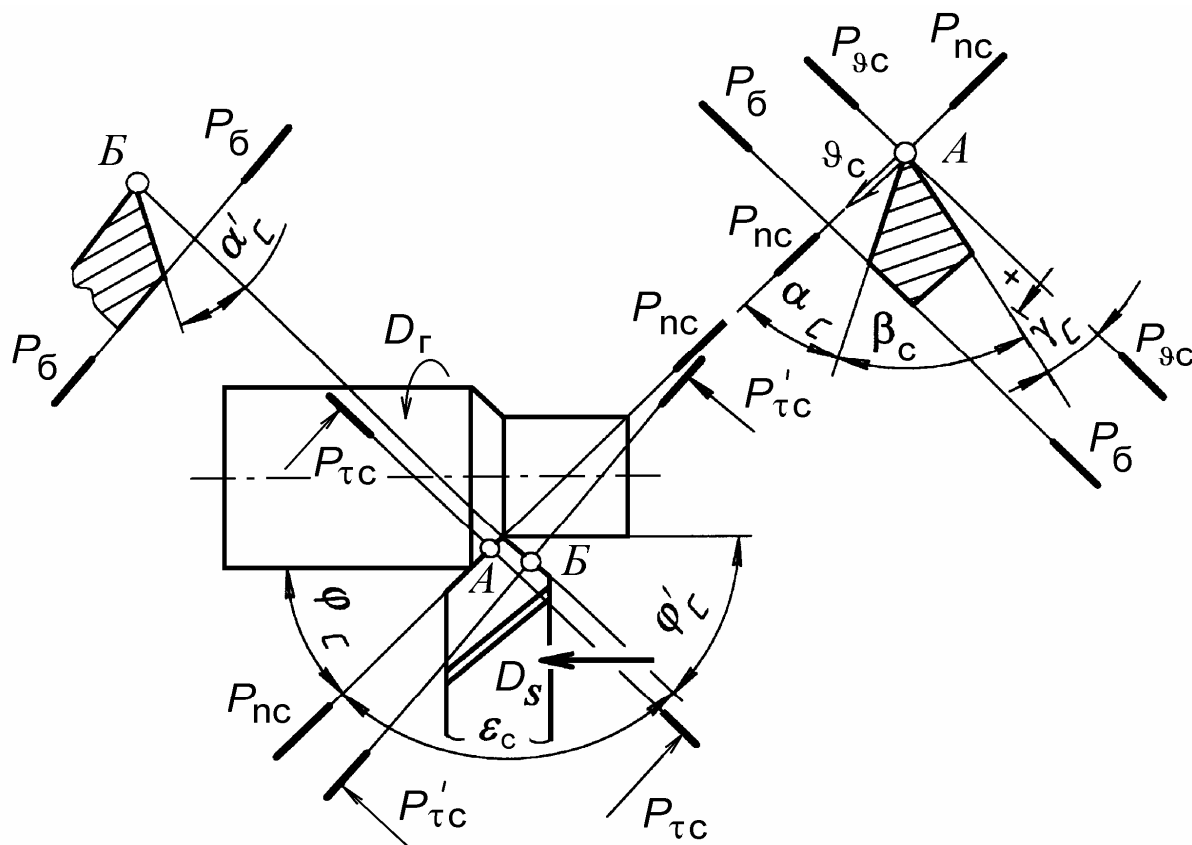


Рис. 1.27. Углы токарного проходного резца

Обозначения координатных плоскостей и углов лезвия в статической системе координат имеют индекс «с». В состав системы входят три взаимно перпендикулярные координатные плоскости: основная P_{9c} , плоскость резания P_{nc} и главная секущая плоскость $P_{\tau c}$.

Начало статической системы координат помещают в рассматриваемую точку A главной режущей кромки, а координатные плоскости этой системы ориентируют в пространстве следующим образом. Основная плоскость проходит через точку A главной режущей кромки перпендикулярно вектору скорости v главного движения резания. Плоскость резания

совмещена с вектором скорости v и касается в точке A поверхности резания на заготовке. Главная секущая плоскость проходит через точку A перпендикулярно двум рассмотренным координатным плоскостям.

Для определения угла наклона вспомогательной задней поверхности лезвия используют дополнительно к ранее перечисленным вспомогательную секущую плоскость $P'_{\tau c}$, проводимую через точку B вспомогательной режущей кромки перпендикулярно проекции этой кромки на основную плоскость $P_{\nu c}$.

Кинематическая система координат позволяет рассчитывать углы лезвия резца с учетом всех движений резания (D_r и D_s), используемых при обработке заготовки. Начало координат этой системы также, как и статической, помещают в точку A главной режущей кромки. Вторую координатную плоскость (плоскость резания) в этой системе совмещают с вектором результирующей скорости резания.

Углы резца в данной работе рассматриваются в статической системе координатных плоскостей. Поэтому все они получили название статических углов. Для упрощения названия в дальнейшем слово «статический» будет опускаться.

В главной секущей плоскости $P_{\tau c}$ определяют передний угол γ_c , главный задний угол α_c и угол заострения β_c .

Главный задний угол α_c – угол в главной секущей плоскости $P_{\tau c}$ между главной задней поверхностью лезвия резца и плоскостью резания. Он служит для уменьшения трения между главной задней поверхностью резца и поверхностью резания на заготовке. Однако чрезмерное увеличение заднего угла приводит к снижению прочности лезвия. Поэтому обычно главный задний угол резца принимают в пределах 6–12 градусов. Для обработки вязких материалов и при точении с тонкими стружками применяют резцы с большими углами α_c . При резании твердых и хрупких материалов выбирают меньшие из ранее указанных значений главного заднего угла.

Передний угол γ_c – угол в главной секущей плоскости $P_{\tau c}$ между передней поверхностью лезвия резца и основной плоскостью $P_{\nu c}$. Различают положительный передний угол (передняя поверхность направлена вниз от основной плоскости), угол равный нулю (передняя поверхность

параллельна основной плоскости) и отрицательный передний угол (передняя поверхность направлена вверх от основной плоскости).

С увеличением переднего угла облегчается врезание резца в металл, уменьшается деформация срезаемого слоя, облегчается сход стружки, уменьшаются силы резания и расход энергии. Вместе с тем, увеличение переднего угла приводит к уменьшению прочности лезвия резца. Поэтому при использовании хрупких инструментальных материалов (твердые сплавы, минералокерамика, алмазы и др.) для повышения прочности и стойкости инструмента применяют отрицательные и нулевые передние углы, а при работе инструментом из быстрорежущих сталей, обладающих большей ударной вязкостью, – положительные передние углы (10–30 град.).

Угол заострения β_c – угол в главной секущей плоскости $P_{\tau c}$ между передней и главной задней поверхностями резца. Уменьшение угла β_c приводит к ослаблению лезвия и снижению прочности резца, а также к ухудшению отвода тепла из зоны режущих кромок.

Между рассмотренными тремя углами существует следующая зависимость:

$$\alpha_c + \beta_c + \gamma_c = 90^\circ. \quad (1.16)$$

Существенное влияние на процесс резания оказывает и **вспомогательный задний угол α'_c** , измеряемый во вспомогательной секущей плоскости $P'_{\tau c}$. Этот угол располагается между вспомогательной задней поверхностью резца и плоскостью, проходящей через вспомогательную режущую кромку перпендикулярно основной плоскости резца. Угол α'_c служит для уменьшения трения вспомогательной задней поверхности резца по обработанной поверхности заготовки. Обычно принимают $\alpha'_c = \alpha_c$.

Кроме рассмотренных углов, резец имеет углы в плане ϕ_c и ϕ'_c , угол при вершине ϵ_c , а также угол наклона главной режущей кромки λ_c .

Главный угол в плане ϕ_c – угол между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость резца $P_{\partial c}$ и направлением движения подачи. С уменьшением угла ϕ_c увеличивается длина активной части режущей кромки, что улучшает отвод теплоты из зоны обработки и уменьшает износ инструмента. Однако при слишком малом значении угла ϕ_c резко возрастает отжим резца от заготовки и возникают вибрации, ухудшающие

качество обработанной поверхности. Поэтому в зависимости от вида обработки, типа резца и жесткости технологической системы угол φ_c обычно выбирают в пределах 30–90 градусов.

Вспомогательный угол в плане φ'_c – угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость $P_{\varphi c}$ и направлением, обратным направлению подачи D_s . Угол φ'_c служит для уменьшения трения вспомогательной задней поверхности резца по обработанной поверхности заготовки. Для проходных резцов, обрабатывающих жесткие заготовки, угол $\varphi'_c = 5\text{--}10^\circ$, при обработке нежестких заготовок его принимают в пределах 30–45 градусов.

Угол при вершине ε_c – угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость $P_{\varphi c}$.

Рассмотренные углы связаны между собой зависимостью

$$\varphi_c + \varphi'_c + \varepsilon_c = 180^\circ. \quad (1.17)$$

Углом наклона главной режущей кромки λ_c называют угол в плоскости резания P_{nc} между главной режущей кромкой и основной плоскостью $P_{\varphi c}$. Он считается положительным (см. рис. 1.26, б), когда вершина резца является низшей точкой режущей кромки; отрицательным, когда вершина резца будет высшей точкой режущей кромки; равным нулю, если главная режущая кромка параллельна основной плоскости. Угол λ_c служит для отвода стружки в направлении к обработанной ($\lambda_c > 0^\circ$) или обрабатываемой ($\lambda_c < 0^\circ$) поверхности. Кроме того, положительный угол λ_c упрочняет вершину инструмента. Поэтому при черновой обработке и резании твердых материалов необходимо углу λ_c придавать положительные значения (15–20 град.). При чистовой обработке для предотвращения царапания стружкой обработанной поверхности рекомендуют использовать резцы с отрицательными значениями этого угла.

Методика измерения углов резца

Углы резца измеряют при помощи настольного угломера (рис. 1.28), который состоит из основания 1 и стойки 2. По стойке вверх и вниз может передвигаться сектор 4 с градусной шкалой. На секторе укреплен поворотная пластина 6 с указателем 5. По расположению риски указателя

относительно градусной шкалы сектора 4 определяют значение измеряемого угла резца. Положение поворотной пластины на секторе 4 фиксируется винтом 7.

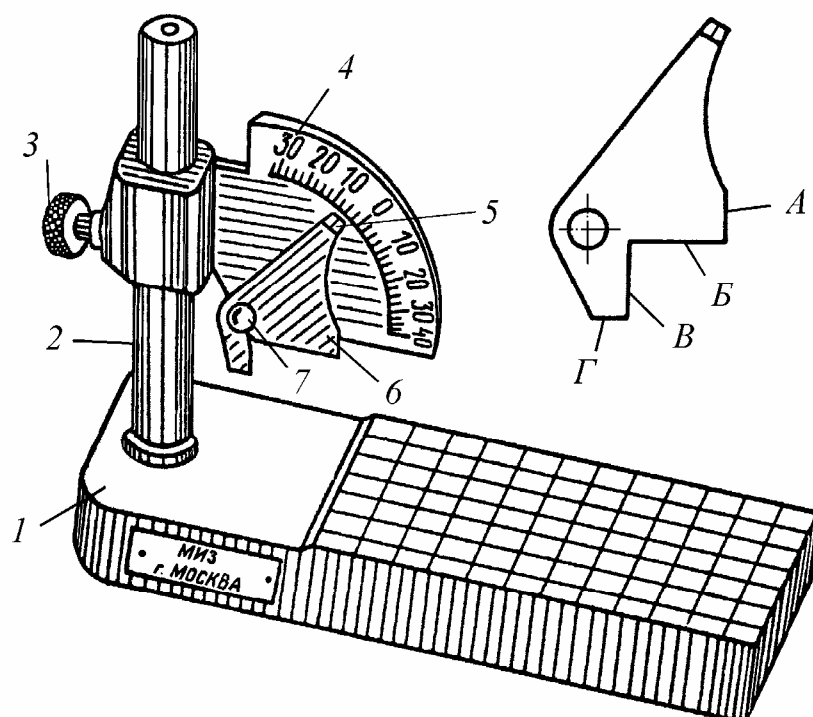


Рис. 1.28. Настольный угломер

Поворотную пластину 6 прикладывают «без просвета» измерительными кромками A , B , B , Γ к той поверхности лезвия, от которой отсчитывается измеряемый угол. Модуль значения угла (без знака «+» или «-») определяют по положению риски указателя пластины 5 на градусной шкале сектора 4. Знаки находят только для углов γ_c и λ_c , как было указано выше. Остальные углы могут быть только положительными.

При измерении углов φ_c и φ'_c резец размещают на основании угломера боковой плоскостью стержня, а сектор 4 устанавливают в положение основной плоскости $P_{\varphi c}$.

Поворотную пластину 6 прикладывают при определении угла φ_c к главной задней грани лезвия, угла φ'_c — к вспомогательной задней грани. Углы β_c и ϵ_c определяют расчетом по формулам (1.16) и (1.17).

Измеренные и рассчитанные значения статических углов справедливы для резца, который устанавливают на станок таким образом, что его вершина находится на уровне линии центров станка, а ось стержня

перпендикулярна оси заготовки. Если вершина резца будет располагаться на станке выше или ниже линии центров, то базовая поверхность $P_{\text{б}}$ (см. рис. 1.26) станет не параллельна статической основной плоскости $P_{\text{вс}}$. Поэтому действительные значения углов γ_c , α_c и α'_c будут отличаться от измеренных. В случае неперпендикулярности оси стержня резца к оси заготовки изменит свое расположение статическая плоскость резания $P_{\text{нс}}$. Следовательно, полученные значения углов ϕ_c и ϕ'_c также будут не точны.

Содержание работы

Работа включает изучение частей и элементов (углов) токарного проходного резца, их функций в процессе резания, универсального угломера и определение с его использованием углов конкретного резца, подготовку отчета.

Порядок проведения работы

1. Получите от преподавателя токарный проходной резец для измерения его углов.
2. Найдите на резце конструктивные элементы лезвия: переднюю поверхность, главную и вспомогательную задние грани, главную и вспомогательную режущие кромки, вершину резца.
3. Измерьте углы α_c , γ_c , α'_c , ϕ_c , ϕ'_c , λ_c в указанной последовательности. Вычислите значения углов β_c и ϵ_c . Результаты занесите в табл. 1.9.

Таблица 1.9

Углы лезвия токарного проходного резца

Наименование угла	Обозначение угла	Значение угла, град.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы: «Найти на токарном проходном резце его части и конструктивные элементы, измерить углы резца».

3. Номер, полное наименование и назначение резца.
4. Вид резца в аксонометрии с обозначением угла λ_c и указанием элементов лезвия (по форме рис. 1.26, б).
5. Проекции и сечения резца с обозначением углов лезвия (по форме рис. 1.27).
6. Результаты измерений и расчетов углов токарного проходного резца (по форме табл. 1.9).

1.5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ГЛАВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СИЛЫ РЕЗАНИЯ P_z ПРИ ТОЧЕНИИ ОТ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Цель работы: знания вида зависимости составляющих сил резания от элементов режима резания, методики экспериментального определения сил резания; умения определять составляющие силы резания и устанавливать параметры эмпирической зависимости силы резания от элементов режима резания экспериментальным методом, производить обработку экспериментальных данных и анализировать полученные результаты.

Общие сведения

Работа резания затрачивается на совершение упругих и пластических деформаций материала в зоне стружкообразования, а также на преодоление сил трения в местах контакта инструмента с заготовкой и стружкой. Равнодействующую сил, действующих на режущий инструмент при обработке резанием, называют силой резания P . Знать ее численное значение необходимо при проектировании и выборе станков, режущих инструментов и станочных приспособлений.

Для выполнения этих работ инженеры пользуются известными справочными данными по силам резания, ограниченными, как правило, небольшим перечнем материалов и узким кругом условий их обработки. Если в конкретных производственных условиях обрабатываемый материал, конструкция инструмента, смазочно-охлаждающая жидкость и другие факторы отличаются от указанных в справочнике, возникает необходимость самостоятельного нахождения силы резания.

Для практических расчетов удобно разложить вектор силы резания P на три составляющие: главную (окружную) составляющую силы резания P_z , осевую составляющую P_x и радиальную составляющую P_y (рис. 1.29).

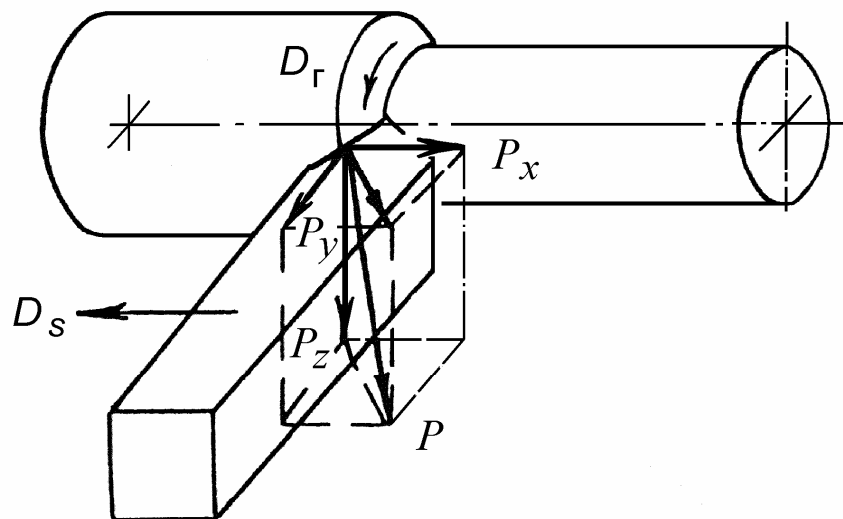


Рис. 1.29. Схема действия сил резания при точении

Каждая из этих составляющих может быть вычислена с помощью эмпирической зависимости типа

$$P_i = C_{pi} \cdot t^{x_{pi}} \cdot S_0^{y_{pi}} \cdot v^n^{pi}, \quad (1.18)$$

где C_{pi} – коэффициент, учитывающий физико-механические свойства материала; t – глубина резания, мм; S_0 – подача, мм/об; v – скорость главного движения резания, м/мин.

Коэффициент C_{pi} и показатели степени x_{pi} , y_{pi} , n_{pi} для P_x , P_y , P_z будут иметь разные числовые значения. Определение их и является основной задачей экспериментов по установлению сил резания. Эти значения, подставленные в формулу (1.18), позволяют вычислить силу резания и ее составляющие при любом заданном режиме резания.

Методику определения значений величин C_{pi} , x_{pi} , y_{pi} , n_{pi} рассмотрим на примере получения зависимости (1.18) для главной составляющей силы резания P_z . Зависимости сил P_x и P_y от элементов режима резания находят аналогично далее представленной методике.

Методика измерения сил резания

Составляющие силы резания измеряют непосредственно в процессе обработки с помощью динамометров различных конструкций. В данной работе для измерения главной составляющей силы резания P_z используется однокомпонентный динамометр, изготовленный в виде тензометрического резца и, закрепляемый в резцедержателе токарного станка (рис. 1.30, а).

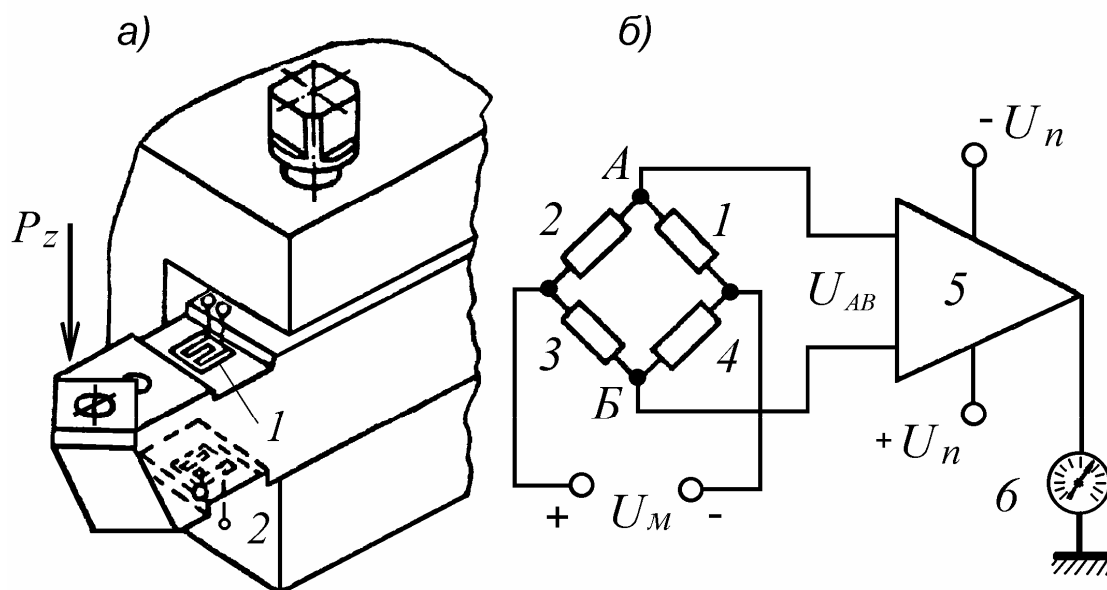


Рис. 1.30. Тензометрический резец (а), схема соединения датчиков резца (б)

Датчики 1 и 2 вместе с аналогичными резисторами 3 и 4, установленными на резце вне зоны деформации стержня, соединены в измерительный мост (рис. 1.30, б). Одна диагональ моста подсоединена к источнику питания U_m , вторая измерительная диагональ соединена с усилителем сигналов 5. В процессе резания в связи с деформацией датчиков 1 и 2, возникает разность потенциалов U_{AB} точек А и В, которая пропорциональна деформации стержня и приложенной к нему силе P_z .

Возникший электрический сигнал подается на усилитель 5 и затем измеряется милливольтметром 6. Для перевода показаний прибора в единицы измерения силы, H , необходимо провести операцию его градуирования. Суть градуирования милливольтметра состоит в экспериментальном определении цены деления его шкалы в единицах измерения силы, H .

При градуировании резец с наклеенными датчиками закрепляют в резцедержателе станка и нагружают известной силой $P(P_z)$, постепенно увеличивая ее значение и каждый раз фиксируя показания на приборе 6.

Для нагружения резца в данной работе используется кольцевой динамометр, состоящий из стального закаленного кольца 2 с закрепленным в нем индикатором часового типа 3 (рис. 1.31, а).

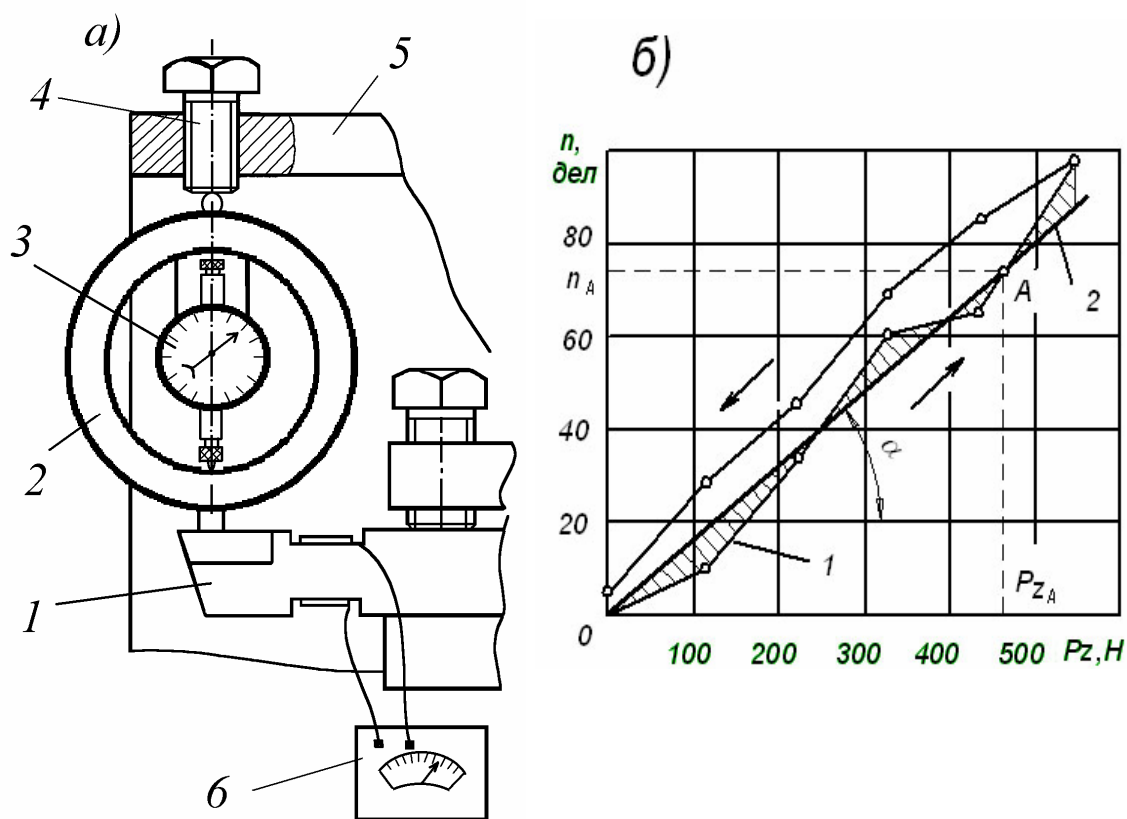


Рис. 1.31. Схема градуирования милливольтметра динамометра (а), градуировочный график (б)

Создание силы P осуществляют ввинчиванием винта 4 в специальную стойку 5. При нагружении динамометра кольцо 2, передавая усилие P резцу 1, упруго деформируется. Деформацию кольца, пропорциональную нагрузке, измеряют индикатором 3. Цена деления шкалы индикатора кольцевого динамометра равна 110 Н.

При градуировании необходимо выполнить далее приведенные действия.

1. Произвести предварительную нагрузку (один–два раза) резца до максимальной, а затем снять нагрузку.

2. Установить индикатор 3 динамометра на нуль.

3. Последовательно (через одно деление индикатора динамометра) нагружать систему путем вворачивания винта 4 с регистрацией нагрузки и показаний милливольтметра. Результаты тарирования записать в табл. 1.10.

Таблица 1.10

Данные градуирования милливольтметра

Номер измерения	Показание индикатора кольцевого динамометра, дел.	Значение силы $P(P_z)$, Н.	Показание милливольтметра b , n , дел.
1	2	3	4

4. Последовательно через одно деление индикатора произвести разгрузку резца с фиксацией показаний милливольтметра.

5. Построить градуировочный график (см. рис. 1.31, б). На данном графике экспериментальные точки следует соединить ломаной линией 1, а нагрузочную ветвь этой линии аппроксимировать прямой 2.

6. Выбрать на аппроксимированной прямой 2 нагрузочной ветви произвольно точку «А», определить для нее значения силы P_{zA} и показание милливольтметра n_A . По определенным значениям рассчитать новую цену деления k , Н/дел, милливольтметра через отношение

$$k = P_{zA} / n_A, \quad (1.19)$$

При последующих измерениях силы P_z непосредственно в процессе резания на регистрирующем приборе фиксируют показания в виде числа делений n , которое умножают на цену деления k и получают измеренное значение силы P_z .

Методика экспериментального нахождения зависимости

$$P_z = C_{pz} \cdot t^{x_{pz}} \cdot S^{y_{pz}} \cdot J^{n_{pz}} \quad (1.20)$$

Для нахождения численных значений C_{pz} , x_{pz} , y_{pz} , n_{pz} выполняют три серии опытов, в каждой из которых один из элементов режима резания (v , S или t) принимают за переменную величину, а остальные два сохраняют постоянными. Во всех трех сериях опытов одинаковыми являются

обрабатываемый материал, инструментальный материал и геометрические элементы режущей части резца. Например, в первой серии опытов принимают постоянными подачу S_0 и скорость главного движения резания v , а варьируют глубину резания t . Тогда зависимость (1.20) может быть приведена к виду

$$P_z = C_{pz}' \cdot t^{x_{pz}}. \quad (1.21)$$

При логарифмировании зависимость (1.21) преобразуется в уравнение прямой линии

$$\lg P_z = \lg C_{pz}' + x_{pz} \lg t, \quad (1.22)$$

где степенной показатель x_{pz} выполняет роль коэффициента пропорциональности. Проведя точение с разными глубинами резания и измерив соответствующие значения P_z , строят график зависимости (1.22). Для построения графика может быть использована масштабная бумага с равномерной десятичной сеткой. В этом случае на осях графика откладывают логарифмы величин. Пример построения и оформления графика в логарифмических координатах дан на рис. 1.32.

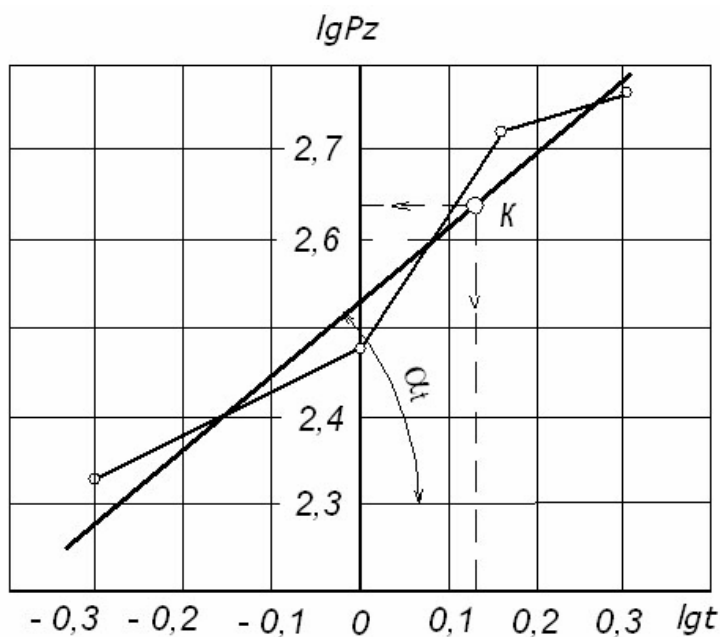


Рис. 1.32. График зависимости $\lg P_z - \lg t$

Полученная на графике прямая соответствует зависимости (1.22), а тангенс угла ее наклона α_t равен искомому показателю степени x_{pz} в формуле (1.21). Для исключения ошибок при нахождении $\operatorname{tg} \alpha_t$ рекомендуется при построении графика брать по обеим осям шкалы в одинаковом масштабе.

Во второй серии опытов в качестве варьируемого фактора принимают подачу S_0 , мм/об, а в третьей – скорость главного движения резания v , м/мин. Выполнив аналогичные с первой серией опытов преобразования формул $P_z = f(S_0)$ и $P_z = f(v)$ по методике, использованной для обработки данных первой серии опытов, и построив по результатам экспериментов графики $\lg S_0 - \lg P_z$ и $\lg v - \lg P_z$, можно определить показатели степени y_{pz} и n_{pz} искомой зависимости (1.20).

Коэффициент C_{pz} этой зависимости (1.20) вычисляют следующим способом. На каждом из логарифмических графиков $\lg t - \lg P_z$, $\lg v - \lg P_z$, $\lg S_0 - \lg P_z$ произвольно выбирают по одной точке K (см. рис. 1.32). Для каждой такой точки известны значения P_{zk} , S_{0k} , t_k , v_k . Подставив их, а также ранее найденные значения x_{pz} , y_{pz} , n_{pz} в уравнение (1.20), вычислением для каждого графика находят значение C_{pz1} , C_{pz2} , C_{pz3} . По ним определяют среднее арифметическое значение C_{pz} .

Введя полученные численные значения C_{pz} , x_{pz} , y_{pz} , n_{pz} в уравнение (1.20), фиксируют искомый результат – зависимость составляющей силы резания P_z от элементов режима резания при заданных условиях точения. Условия проведения и результаты эксперимента оформляют в виде табл. 1.11.

Таблица 1.11

Результаты экспериментов по определению сил резания

Но- мер опыта	Режим резания							n , дел.	P_z , Н	$\lg P_z$
	n_{cm} , об/мин	v , м/мин	$\lg v$	S_0 , мм/об	$\lg S_0$	t , мм	$\lg t$			

Содержание работы

Лабораторная работа включает: изучение силовых характеристик процесса резания при точении, зависимости составляющих сил резания от элементов режима резания, методики экспериментального определения численных значений коэффициента C_{pz} и степенных показателей этих зависимостей; проведение эксперимента и определение зависимости составляющей силы резания P_z от скорости резания, подачи и глубины резания; оформление результатов работы в виде отчета.

Порядок проведения работы

1. Зафиксируйте условия проведения эксперимента: модель и наименование станка, тип режущего инструмента, используемые приспособления, измерительные приборы.

2. Под руководством преподавателя установите уровни варьирования параметров v , S_0 , t и определите необходимые значения частот вращения шпинделя станка $n_{см}$ по методике, представленной в работе 1.1, раздел «Наладка токарно-винторезного станка». Установите фактические значения скорости главного движения резания для каждого из уровней варьирования значений режима резания.

3. Проведите градуирование шкалы милливольтметра, занесите данные в табл. 1.10, постройте градуировочный график и найдите цену деления шкалы регистрирующего прибора k по формуле (1.19).

4. Проведите эксперимент по измерению силы P_z при варьируемых v , S_0 , t ; данные занесите в табл. 1.11.

5. Постройте логарифмические графики и найдите с их помощью степенные показатели x_{pz} , y_{pz} , n_{pz} искомой зависимости (1.20).

6. Рассчитайте коэффициент C_{pz} .

Содержание отчета

1. Название работы.

2. Условия проведения эксперимента и схема градуирования прибора динамометра (рис. 1.31, а).

3. Таблица результатов градуирования милливольтметра (по форме табл. 1.10).

4. Градуировочный график и определение цены деления милливольтметра k .

5. Логарифмические графики $\lg t - \lg P_z$, $\lg S_0 - \lg P_z$, $\lg v - \lg P_z$ с необходимыми построениями.

6. Расчет значений степенных показателей x_{pz} , y_{pz} , n_{pz} и коэффициента C_{pz} .

7. Искомая формула (1.20) с численными значениями экспериментально определенных степенных показателей и коэффициента C_{pz} .

8. Выводы о сравнительном влиянии элементов режима резания на главную составляющую силы резания – силу P_z .

1.6. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ ОТ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ¹

Цель работы: знания о тепловых процессах, протекающих в зоне обработки при резании металлов, методики определения зависимости температуры резания от элементов режима резания методом естественной термопары; умения определять температуру резания и устанавливать зависимость ее от элементов режима резания экспериментальным методом, проводить обработку экспериментальных данных и анализировать полученные закономерности.

Общие сведения

Одним из важных и сложных физических процессов, протекающих в зоне стружкообразования, является тепловыделение. Практически вся механическая работа, затрачиваемая на срезание слоя металла, превращается в теплоту. Теплота образуется в результате пластического деформирования материала, трения стружки о переднюю поверхность инструмента и трения задних поверхностей инструмента о поверхности заготовки. Выделяющаяся теплота нагревает стружку, обрабатываемую заготовку, инструмент и окружающую среду.

Изучение тепловых явлений, протекающих при резании металлов, имеет большое практическое значение. Тепло, возникающее в процессе резания, влияет на стойкость инструмента, его износ, на качество обработанной поверхности, изменяет механические свойства материала заготовки и коэффициент трения на поверхностях инструмента, приводит к увеличению или снижению сил резания. Нагрев инструмента и заготовки вызывает изменение их геометрических параметров, что влияет на точность размеров и форму обработанных поверхностей.

Мерой выделяемой при резании теплоты может служить температура резания, значения которой различны в разных точках зоны стружкообразования. Усредненное значение этих температур на площадках контакта

¹ 1. Работа 1.6 проводится после проведения работы 1.5 «Экспериментальное определение зависимости окружной составляющей силы резания P_z при точении от элементов режима резания»

инструмента со стружкой и заготовкой получило название *температура резания*, θ . Зная усредненную температуру, можно оценить интенсивность протекающих тепловых процессов, а также предсказать возможные энергетические затраты на резание и эксплуатационные характеристики обработанной поверхности заготовки.

Широкое распространение среди методов измерения температуры резания получил метод естественной термопары. Схема его реализации при продольном точении изображена на рис. 1.33.

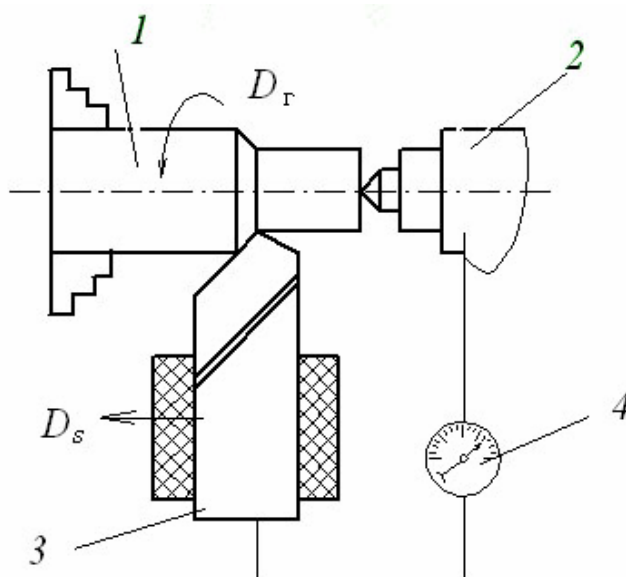


Рис. 1.33. Схема измерения температуры резания методом естественной термопары

Метод естественной термопары основан на возникновении термоэлектродвижущей силы в месте контакта нагретых поверхностей заготовки 1 и резца 3, представляющих термопару, и зависимости электродвижущей силы от температуры нагрева контактирующих поверхностей. Измерение значения этой силы осуществляется гальванометром 4.

Показание гальванометра дает среднее значение электродвижущей силы, возбужденной на всех точках контакта поверхностей инструмента и заготовки, а, следовательно, характеризует некоторую усредненную по всем этим поверхностям температуру резания.

Для получения точных результатов обрабатываемая заготовка 1 должна быть изолирована от кулачков токарного патрона и от центра в задней бабке 2, а резец 3 – от резцедержателя. Изоляция используется для предотвращения влияния на полученный результат дополнительных

термопар, возникающих в местах контакта инструмента с заготовкой и частями станка. Вместе с тем, роль этих дополнительных паразитных термопар при высокой температуре в зоне резания незначительна. Поэтому схема измерения, представленная на рис. 1.33 и использованная в дальнейших экспериментах, упрощена за счет отказа от полной изоляции заготовки и сохранения только изоляции резца.

Для реализации метода естественной термопары необходимо до проведения эксперимента произвести градуирование термопары «инструмент – заготовка» путем искусственного нагревания в электрической печи стержней из материалов резца и заготовки и установки в печь контрольной термопары. Результатом градуирования термопары становится градуировочный график, устанавливающий зависимость возникающей электродвижущей силы от средней температуры резания при определенных марках материала заготовки и инструментального материала. При смене материалов инструмента или заготовки градуирование должно повторяться вновь.

На рис. 1.34 представлены два графика, полученные С. С. Можаяевым и Т. Г. Саромотиной путем градуирования термопар «твердый сплав (Т5К10, Т15К6) – сталь Ст 40» и в дальнейшей работе используемых для оценки температуры резания.

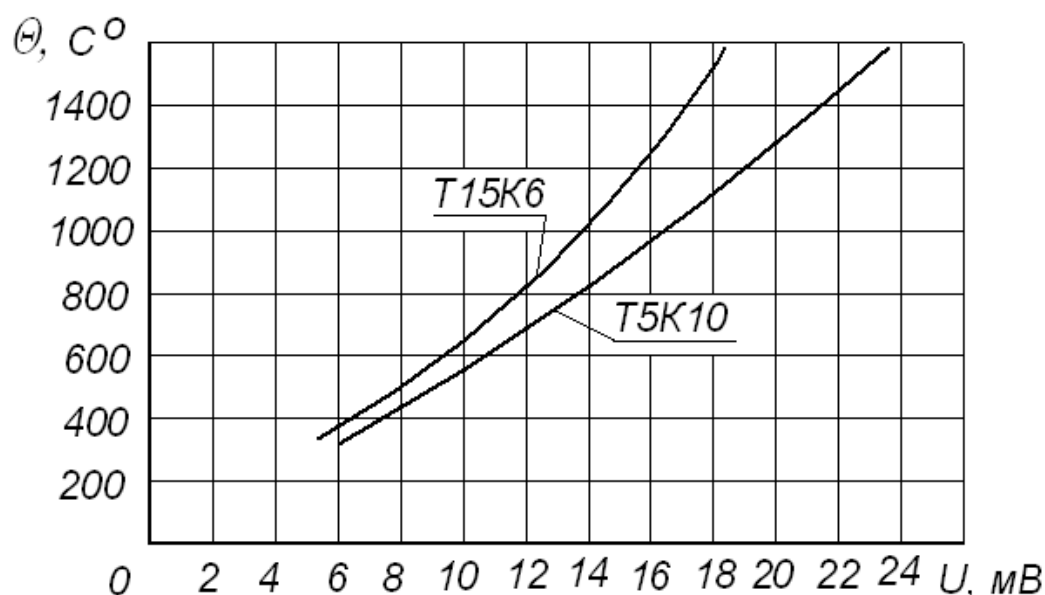


Рис. 1.34. Градуировочные графики термопар «твердый сплав (Т5К10, Т15К6 – сталь Ст 40»

Зависимость температуры резания от элементов режима резания

Температура резания зависит от мощности тепловых источников в зоне деформации и на поверхностях инструмента, а также от интенсивности отвода тепла в заготовку, инструмент и стружку. На нее влияют физические и механические свойства инструментального и обрабатываемого материалов, режим резания, геометрические параметры режущего инструмента, наличие смазочно-охлаждающих средств и другие параметры процесса резания.

Во многих случаях температура резания является фактором, ограничивающим повышение производительности обработки за счет увеличения значений скорости резания v , величины подачи S_o и глубины резания t . Это определяет необходимость установления зависимости температуры резания от параметров режима резания. На температуру резания наибольшее влияние оказывает скорость резания v , затем подача S_o и наименьшее – глубина резания t .

В общем виде искомую зависимость можно записать следующим образом:

$$\theta = C_{\theta} v^{x_{\theta}} S_o^{y_{\theta}} t^{n_{\theta}} \quad (1.23)$$

Коэффициент C_{θ} , входящий в формулу (1.23), учитывает влияние на температуру резания материалов заготовки и инструмента, геометрических параметров инструмента и других условий проведения резания, исключая параметры v , S_o , t .

Содержание работы

Лабораторная работа включает: изучение тепловых явлений при резании металлов методом точения, методики экспериментального определения зависимостей температуры резания θ от скорости резания v , подачи S_o и глубины резания t методом естественной термопары, проведение эксперимента и установление зависимости на основе обработки графиков, оформление результатов работы в виде отчета.

Порядок проведения работы

1. Ознакомьтесь с технологической оснасткой и измерительными приборами, используемыми в эксперименте.

2. Зафиксируйте условия эксперимента: наименование и модель

станка; тип режущего инструмента, пределы измерения и цену деления измерительного прибора; материалы заготовки и инструмента; диаметр заготовки D , мм.

3. Совместно с преподавателем или учебным мастером установите три уровня варьирования каждого из элементов режима резания: скорости резания – v , м/мин, подачи – S_o , мм/об, глубины резания t , мм.

4. Рассчитайте значения частот вращения шпинделя $n_{расч}$, об/мин, для каждого значения v по формуле (1.1) и примите для каждого полученного значения ближайшее меньшее значение $n_{см}$ по таблице частот вращения шпинделя станка.

5. Составьте вместе с преподавателем план эксперимента в табличной форме (табл. 1.12), ориентируясь на использование в изучении зависимости температуры резания от элементов режима резания метода однофакторного эксперимента. В таблицу занесите значения фактической скорости резания v , установленные для выбранных значений частот вращения шпинделя станка $n_{см}$, и заданные для каждого уровня значения подачи и глубины резания.

Таблица 1.12

Результаты эксперимента

Но- мер эта- па	Но- мер экс- пери- мента	Варьируемые факторы			Показания милливольтметра, U , мВ				θ , °C
		v , м/мин	S_o , мм/об	t , мм					
					U_1	U_2	U_3	U_{cp}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.1								
	1.2								
	1.3								
2	2.1								

6. Выполните эксперимент по определению температуры резания методом естественной термопары, последовательно изменяя для каждого этапа эксперимента один из параметров режима резания, сохраняя при этом неизменными остальные. На каждом этапе сделайте по три измерения.

Заполните табл. 1.12 и переведите показания милливольтметра U , мВ в значения температуры резания θ с помощью градуировочного графика (рис. 1.34).

7. Постройте графики зависимостей $\theta = f(v)$, $\theta = f(S_o)$, $\theta = f(t)$ в логарифмических координатах и найдите с их помощью показатели степени x_θ , y_θ , n_θ для формулы (1.23) по методике обработки графиков подобного типа, приведенной в работе 1.5.

8. Рассчитайте коэффициент C_θ для формулы (1.23) как среднюю величину коэффициентов $C_{\theta i}$, определенных по результатам обработки для каждого из трех этапов эксперимента. Используйте при расчетах методику определения коэффициента C_{Pz} , представленную в работе 1.5.

9. Проведите анализ полученной конкретной зависимости (1.23) с найденными численными значениями степенных показателей x_θ , y_θ , n_θ и коэффициента C_θ и определите, как влияют на температуру резания элементы режима резания v , S_o , t и какой из них является приоритетным по влиянию.

10. Сделайте выводы о соответствии полученной зависимости теоретически обоснованной закономерности зависимости температуры резания от элементов режима резания.

Содержание отчета

1. Наименование работы.
2. Условия проведения эксперимента, заданные уровни варьирования элементов режима резания.
3. Схема измерения температуры резания.
4. Расчеты частоты вращения шпинделя станка n_{cm} , об/мин, и фактической скорости резания v .
5. Результаты эксперимента, представленные в форме таблицы 1.12.
6. Графики зависимостей $\theta = f(v)$, $\theta = f(S_o)$, $\theta = f(t)$ в логарифмических координатах.
7. Расчеты показателей степени x_θ , y_θ , n_θ и коэффициента C_θ .
8. Искомая формула температуры резания с численными значениями показателей степени и коэффициента C_θ .
9. Выводы о влиянии элементов режима резания на температуру резания.

1.7. НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОГО СТАНКА

Цель работы: знания о назначении и устройстве токарно-револьверного станка, действий при его наладке на изготовление партии деталей, методики расчета трудоемкости обработки заготовки; умения определять составляющие штучно-калькуляционного времени и рассчитывать коэффициент непроизводительных затрат времени на обработку.

Общие сведения

Токарно-револьверные станки применяют в серийном производстве для изготовления деталей сложной конфигурации из прутков или штучных заготовок. Отличительной особенностью станков этого типа является наличие продольного суппорта, несущего многопозиционную поворотную револьверную головку с вертикальной или горизонтальной осью вращения. В гнездах револьверной головки закрепляют различные резцы, а также сверла, зенкеры, метчики и другие инструменты для обработки отверстий. Смена инструментов в процессе обработки на станке осуществляется простым поворотом револьверной головки.

Получение деталей сложной конфигурации требует применения большого числа режущих инструментов. Использование револьверной головки, позволяющей реализовать эту задачу, установка всех инструментов на станке до обработки и сокращение в связи с этим времени на смену инструмента при переходе от обработки одной поверхности заготовки к другой позволяют повысить производительность обработки в условиях серийного производства по отношению ко времени выполнения этих же работ на токарно-винторезных станках.

На токарно-револьверных станках можно выполнять почти все работы, свойственные станкам токарной группы: получать на деталях цилиндрические, конические, винтовые, фасонные и плоские (торцовые) поверхности. На них выполняют обтачивание наружных и растачивание внутренних поверхностей заготовок, подрезание торцов, отрезание, сверление, зенкерование и развертывание отверстий, нарезание резьб и другие виды работ. При этом обеспечивается точность размеров не выше 8 качества точности и шероховатость поверхностей с параметром Ra до 1,25 мкм.

В то же время в силу специфики конструкции токарно-револьверные станки менее универсальны, чем токарно-винторезные станки. В связи с этим ряд таких работ, как нарезание резьб, растачивание отверстий, обработка фасонных поверхностей на токарно-револьверных станках выполняется с ограничениями, не свойственными токарно-винторезным станкам.

Устройство и назначение основных узлов токарно-револьверного станка

Внешний вид и основные узлы токарно-револьверного станка, представленного моделью 1341, показаны на рис. 1.35, *а*. Станок имеет горизонтальную ось вращения револьверной головки. На нем можно обрабатывать как прутковые, так и штучные заготовки. Максимальный диаметр закрепляемого прутка равен 40 мм, штучной заготовки – 400 мм.

Станина станка состоит из основания 1 и верхней части 2, на которой закреплены: передняя бабка 3 с коробкой скоростей и шпинделем 5, электрошкаф 10, кронштейн 7 с копирной линейкой для точения конусов, командоаппарат 13 для автоматического переключения частот вращения шпинделя и величин подач.

На продольных направляющих верхней части станины находится суппорт 9, несущий револьверную головку 8 с горизонтальной осью вращения, задний барабан упоров 11 и барабан 12 с переставными кулачками. Кулачки предназначены для набора программы, обеспечивающей требуемую последовательность переключения и необходимые значения частоты вращения шпинделя 5 станка и подачи суппорта 9 при смене инструментов.

Здесь же, на станине расположен упор 15, обеспечивающий выключение кругового движения револьверной головки. На левой части станины станка закреплен передний барабан упоров 16.

Рабочими движениями на станке являются: вращение шпинделя (главное движение резания), движение продольной подачи суппорта и движение круговой подачи револьверной головки (используется при необходимости создания поперечных движений режущего инструмента).

Резьбонарезные работы на станке выполняют метчиками и плашками, устанавливаемыми в револьверной головке, а также резьбовой гребенкой, закрепляемой на механизме приклоне 6. Механизм приклоне сообщает

резьбовой гребенке движение в продольном направлении с подачей, равной шагу нарезаемой резьбы.

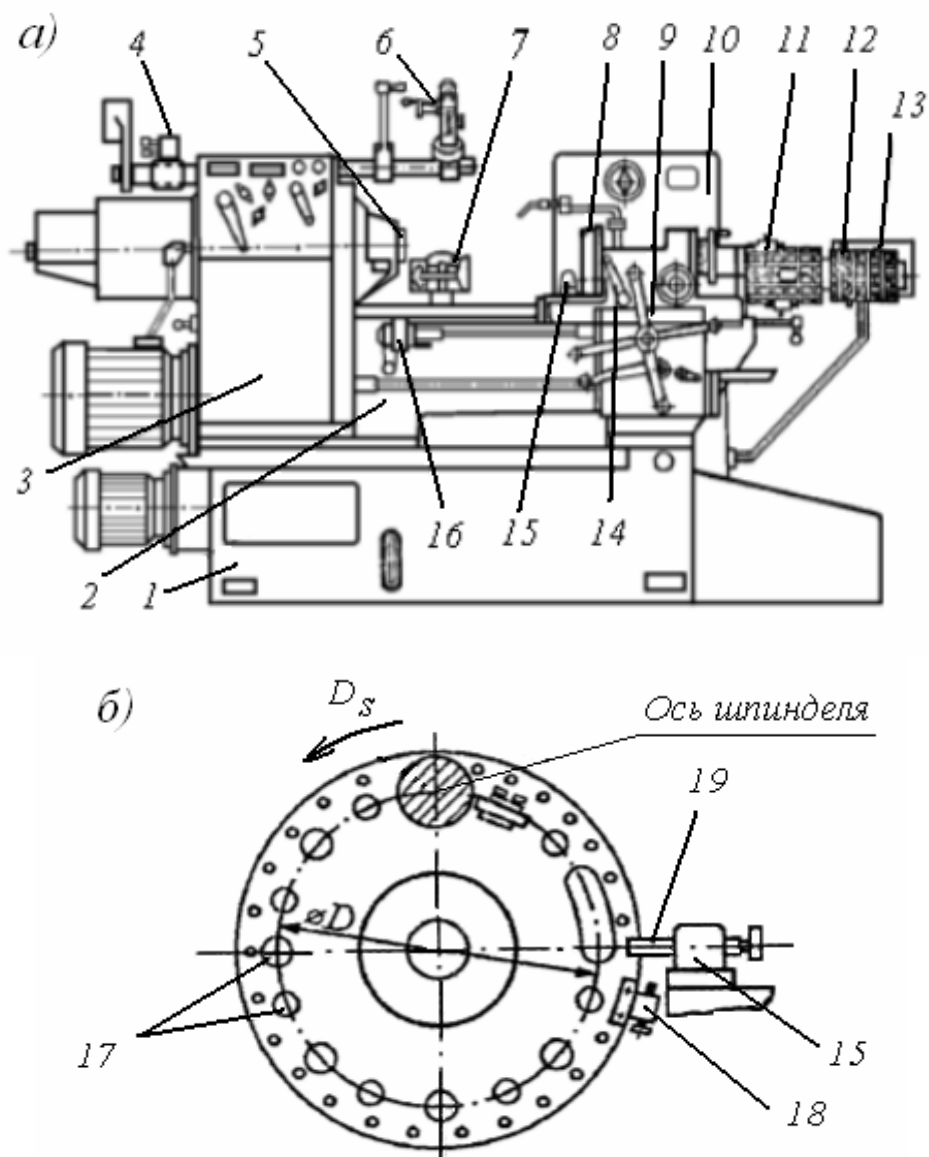


Рис. 1.35. Токарно–револьверный станок модели 1341 (а) и револьверная головка (б)

В условиях серийного производства токарно-револьверные станки обладают более высокой производительностью, чем токарно-винторезные станки. Достигается это следующими особенностями конструкции станка.

Револьверная головка 8 на своей торцовой поверхности имеет 16 гнезд 17 (рис. 1.35, б), оси которых лежат на окружности с диаметром D . Верхняя точка этой окружности находится на высоте оси шпинделя

станка. В каждом гнезде revolverной головки с помощью вспомогательного инструмента (резцовых державок, переходных втулок, сверлильных патронов и др.) можно закрепить один или несколько инструментов. Все инструменты устанавливают в revolverной головке при наладке станка на обработку партии заготовок. Из-за большого числа инструментов наладка станка занимает довольно много времени. По этой причине использование станка при обработке малых партий заготовок оказывается невыгодным.

Система упоров станка состоит из барабана задних упоров *11*, барабана передних упоров *16*, ограничителя круговой подачи *15* с выдвижным пальцем *19* и упоров revolverной головки *18* (рис. 1.35, *а*, *б*). Каждому гнезду *17* revolverной головки с режущим инструментом выделяют в системе упоров один или два (при поперечном движении подачи инструмента) упора, которые путем их установки при наладке станка должны обеспечить повторение выполнения этим инструментом одного или нескольких размеров на каждой заготовке из партии. Следовательно, необходимость в затратах времени на подналадку и контроль получаемых размеров при переходе от обработки одной заготовки к другой отпадает.

Задние упоры *11* служат для автоматического отключения движения продольной подачи revolverного суппорта. Это необходимо для обеспечения заданного продольного размера обрабатываемой заготовки при выполнении переходов по продольному точению наружных и внутренних поверхностей и работе осевым инструментом. Диаметральные размеры, получаемые продольным точением, обеспечивают наладкой вылета резцов из резцовых державок.

Передний барабан *16* фиксирует положение продольного суппорта (расположение инструмента относительно заготовки в продольном направлении) при резании инструментами, работающими с движением круговой подачи (подрезание торца, точение канавок или фасонных поверхностей, разрезание заготовки и т. п.). При выполнении конкретного перехода к соответствующему упору барабана *16* суппорт подводится вручную. Для выключения движения круговой подачи и получения при этом заданного диаметрального размера канавки или фасонной поверхности служат регулируемые упоры *18*, которые устанавливают на revolverной головке (рис. 1.35, *б*).

Экономия затрат времени на токарно–револьверном станке по отношению к обработке заготовок на токарно–винторезном станке достигается и тем, что переключение частоты вращения шпинделя и подачи на новые значения производится здесь одновременно со сменой режущего инструмента за счет совместного поворота револьверной головки и закрепленного на ней барабана 13. На этом барабане при наладке станка набирают программу переключения частот вращения шпинделя и величин подачи путем определенной расстановки кулачков барабана 12.

Частоты вращения шпинделя и скорости подач на данном станке разделены на два диапазона. На технологических переходах, где требуются переключение с одного диапазона на другой, затраты времени увеличиваются, поскольку такое переключение, выполняемое вручную на пульте управления передней бабки станка, требует некоторого времени.

Сокращение затрат основного времени при работе на токарно–револьверном станке достигается также применением многоинструментальных державок (рис. 1.36), обеспечивающих одновременную обработку нескольких поверхностей заготовки за один рабочий ход суппорта (технологический переход).

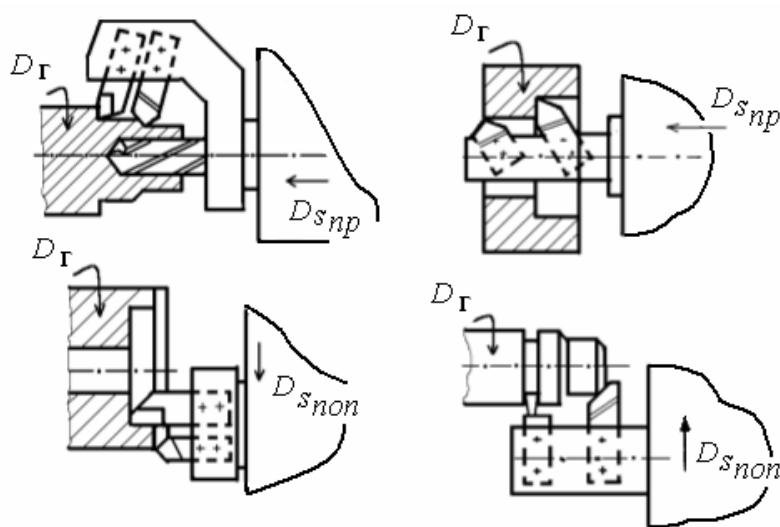


Рис. 1.36. Многоинструментальные наладки

Время обработки на данном переходе определяют по длительности обработки самой протяженной в направлении движения подачи обрабатываемой поверхности. Параметры режима резания в этом случае назначают по наиболее нагруженному инструменту.

Изложенные выше особенности конструкции станка, направленные на повышение производительности обработки в условиях серийного производства, привели к сужению его технологических возможностей по отношению к аналогичным характеристикам токарно–винторезного станка. Из-за отсутствия задней бабки здесь невозможна обработка валов в центрах, ограничена длина обрабатываемых заготовок, невозможно точение длинных конусов. В связи с отсутствием ходового винта и кинематической цепи резьбовых подач исключена возможность нарезания на станке точных резьб и резьб с глубоким профилем.

Наладка токарно-револьверного станка

Для осуществления процесса обработки заготовки на металлорежущем станке необходимо произвести наладку станка. Наладкой называют процесс подготовки технологического оборудования и технологической оснастки к выполнению определенной технологической операции (изготовлению партии деталей на данном станке).

Наладка токарно-револьверного станка включает:

- установку на шпиндель станка 5 (рис. 1.35) приспособления для закрепления заготовки;
- расстановку и закрепление на револьверной головке 8 вспомогательных и режущих инструментов, в том числе и многоинструментальных наладок (рис. 1.36);
- наладку режимов резания для каждого технологического перехода; эта операция наладки заключается в расстановке кулачков 12 на барабане командоаппарата 13, где каждому гнезду револьверной головки соответствует свой продольный паз с кулачками;
- размерную наладку инструментов, обеспечивающую выполнение заданных диаметральных и линейных размеров путем регулирования положения резцов, расстановке и регулировке упоров.

Затраты времени при работе на токарно-револьверном станке

Трудоемкость технологической операции, выполняемой на металлорежущем станке любого назначения, оценивают штучно–калькуляционным временем $T_{шк}$ по формуле

$$T_{\text{шк}} = T_o + T_{\text{всп}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{отд}} + T_{\text{нз}}/N, \quad (1.24)$$

где T_o – основное время, затрачиваемое непосредственно на резание и определяемое расчетом; $T_{\text{всп}}$ – вспомогательное время, включающее время на установку и снятие заготовки (τ_1), подвод и отвод инструмента (τ_2), смену режущего инструмента (τ_3), изменение режима резания (τ_4), контроль выполняемых размеров (τ_5); $T_{\text{обс}}$ – время на обслуживание станка, связанное с заменой затупившегося инструмента, его подналадкой и уборкой станка от стружки; $T_{\text{отд}}$ – время отдыха рабочего; $T_{\text{нз}}$ – подготовительно-заключительное время, затрачиваемое на наладку станка к обработке всей партии заготовок, уборку станка и на ряд других процедур; N – количество заготовок в партии, обрабатываемых без переналадки станка.

Основное время обработки заготовки на станке T_o есть сумма затрат основного времени на всех k технологических переходах. Его определяют по формуле

$$T_o = \sum_{i=1}^k T_{oi}, \quad (1.25)$$

где i – номер технологического перехода. Обработку одной и той же поверхности на черновом и чистовом режимах относят к разным технологическим переходам.

Основное время на отдельном i -м переходе определяют по формуле

$$T_{oi} = \frac{L_i}{S_{oi} n_{\text{шп}i}}, \quad (1.26)$$

где L_i – длина пути инструмента на i -м переходе; S_{oi} – подача инструмента на i -м переходе, мм/об; $n_{\text{шп}i}$ – частота вращения шпинделя на i -м переходе, об/мин.

Время на установку и снятие заготовки после обработки τ_1 зависит от быстродействия приспособления для закрепления заготовки, степени механизации и автоматизации перехода по снятию и установке заготовки, а также от массы заготовки.

Затраты времени на подвод инструмента к заготовке и отвод от нее (время τ_2) повторяются в каждом технологическом переходе. На перемещение инструмента в поперечном и продольном направлениях затрачивается

различное время.

Необходимость изменения скоростей рабочих движений, приводящая к затратам вспомогательного времени τ_4 , возникает при переходе от одного технологического перехода к другому в тех случаях, когда:

- имеет место значительное изменение диаметра обрабатываемой поверхности (изменяют $n_{ин}$);
- меняется тип режущего инструмента (изменяют $n_{ин}$ и S_o);
- осуществляется переход от черновой к чистовой обработке (изменяют S_o).

Суммарное вспомогательное время определяют по формуле

$$T_{всп} = \sum_{j=1}^5 \tau_j m_j, \quad (1.27)$$

где j – номер элемента затрат вспомогательного времени; m_j – число повторений j -го элемента затрат вспомогательного времени в течение всех k переходов технологической операции.

Время обслуживания станка $T_{обс}$ затрачивается на замену затупившихся инструментов и связанные с этим подналадки станка, а также на удаление стружки. Эту составляющую штучно-калькуляционного времени рассчитывают по формуле

$$T_{обс} = 0,1 (T_o + T_{всп}). \quad (1.28)$$

Время регламентированного отдыха рабочего $T_{отд}$ зависит от условий работы и для механических цехов может быть принято равным

$$T_{отд} = 0,2 (T_o + T_{всп}). \quad (1.29)$$

Подготовительно-заключительное время $T_{нз}$ существенно различается для станков различной степени автоматизации. В условиях серийного, мелкосерийного производства и при применении специализированных станков подготовительно-заключительное время рассчитывают по формуле

$$T_{нз} = \tau_6 + \tau_7 + \tau_8, \quad (1.30)$$

где τ_6 – время установки, выверки и закрепления на станке приспособления, τ_7 – время на установку режущих инструментов, τ_8 – время на установку на станке заданных режимов резания. При выполнении данной лабораторной работы будем считать, что $\tau_8 = 0,4 \tau_7$.

Затраты на установку инструментов зависят от типов и числа участвующих в операции инструментов. Их рассчитывают по следующей формуле

$$\tau_7 = \sum_{\varphi=1}^n m_{\varphi} \tau_{\varphi} \quad (1.31)$$

где m_{φ} – число устанавливаемых инструментов φ -го типа (резец, сверло, метчик); τ_{φ} – время на первоначальную установку и наладку одного инструмента φ -го типа.

Составляющие непроизводительных затрат времени $T_{всп}$ и $T_{нз}$ определяют хронометрированием. Их средние значения для отдельных видов работ и типов станков можно найти и в справочной литературе.

Расчеты и хронометрирование элементов штучно-калькуляционного времени позволяют вычислить его полное значение по формуле (1.24) и долю непроизводительных затрат времени $K_{н.з}$, % по формуле

$$K_{н.з} = \frac{T_{шк} - T_o}{T_{шк}} \cdot 100. \quad (1.32)$$

Содержание работы

Работа включает: изучение токарно-револьверного станка, его назначения, устройства и основ наладки, методики расчета трудоемкости обработки заготовки на станке; хронометрирование работ по наладке станка; расчет $T_{шк}$ по индивидуальному заданию, определение коэффициента непроизводительных затрат времени при изготовлении партии деталей и подготовку отчета.

Последовательность выполнения работы

1. Изучите устройство и назначение токарно-револьверного станка.
2. Проследите за изготовлением детали на данном станке учебным мастером, рассмотрите последовательность работы основных узлов и механизмов станка. Разберите под руководством преподавателя действия рабочего–наладчика по наладке станка на изготовление партии деталей.
3. Проведите с помощью учебного мастера хронометрирование работ по наладке токарно–револьверного станка и заполните соответствующими данными табл. 1.13.

Таблица 1.13

Результаты хронометрирования элементов
штучно–калькуляционного времени

Режущий инструмент	Элементы затрат времени, мин					
	τ_1	τ_2	τ_3	τ_4	τ_5	τ_7
Резец						
Сверло, зенкер						

Затраты времени на установку зажимного приспособления на шпинделе τ_6 имеют место при первоначальной наладке станка на обработку новой партии заготовок. Из-за трудностей воспроизведения замены приспособления во время лабораторной работы условимся считать, что $\tau_6 = 0,3 \tau_7$.

В этом случае подготовительно-заключительное время для выполнения операции на токарно–револьверном станке при $\tau_8 = 0,4 \tau_7$ определится по формуле:

$$T_{nz} = \tau_6 + \tau_7 + \tau_8 = 1,7 \tau_7. \quad (1.33)$$

4. Получите индивидуальное задание по выполнению расчета штучно-калькуляционного времени при изготовлении заданной чертежом детали (табл. 1.14).

5. По данным индивидуального задания и результатам хронометрирования произведите расчеты всех составляющих штучно-калькуляционного времени на обработку партии заготовок на станке 1341 и определите $T_{шк.}$. Заполните таблицу 1.15.

Таблица 1.15

Сводные данные для расчета трудоемкости изготовления детали

Модель станка	Составляющие штучно-калькуляционного времени, мин						$T_{шк.},$ мин
	T_o	$T_{всп}$	$T_{отд}$	$T_{обс}$	$T_{шт}$	T_{nz}	
1341							

6. Определите долю непроизводительных затрат времени $K_{нз}$ для данной технологической операции по формуле (1.32).

Таблица 1.14

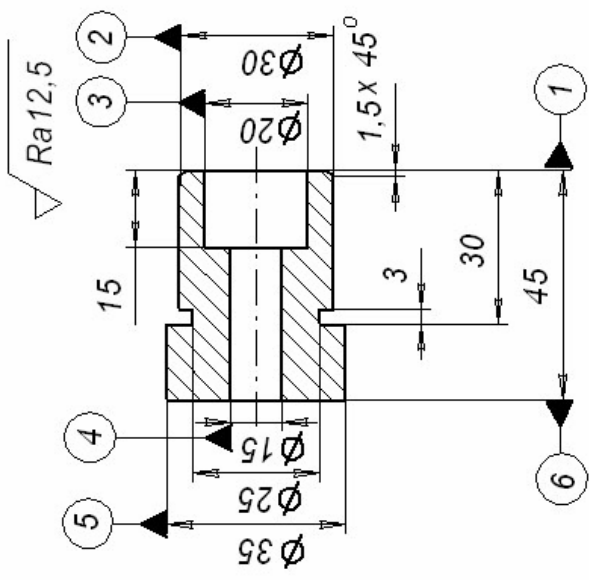
Индивидуальные задания

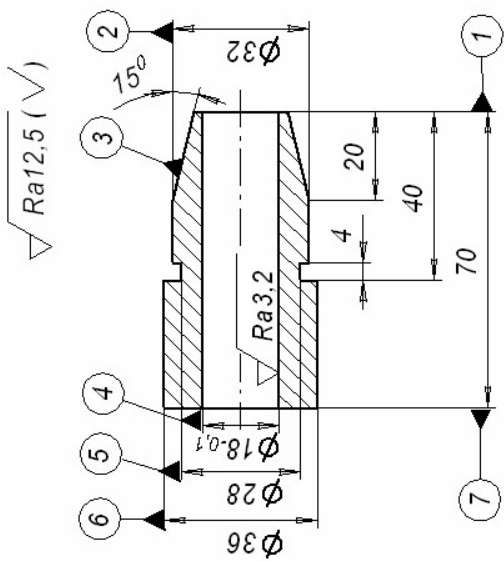
Но- мер зада- ния	Партия, шт/год	Технологический эскиз	Номера техноло- гических перехо- дов	Содержание переходов, режущий инструмент	Режим обработки	
					v , м/мин	S_0 , мм/об
1	75000		1	Подрезать торец 1; резец проходной.	60	0,20
2	150		2	Точить поверхность 4; резец проходной.	60	0,12
3	2500		3	Точить поверхность 2; резец проходной упорный.	60	0,12
4	25		4	Точить канавку 3; канавоч- ный (отрезной) резец.	40	0,06
5			5	Отрезать деталь; резец отрезной.	25	0,06

Продолжение табл. 1.14

Но- мер зада- ния	Партия, шт/год	Технологический эскиз	Номера техноло- гических перехо- дов	Содержание переходов, режущий инструмент	Режим обработки	
					v , м/мин	S_0 , мм/об
5	100000		1	Подрезать торец 1; резец подрезной.	45	0,15
6	50		2	Точить поверхность 4; резец проходной.	60	0,2
7	7500		3	Сверлить отверстие 3, сверло $\phi 18$.	60	0,2
8	200		4	Точить поверхность 2; резец проходной упорный.	60	0,1
			5	Отрезать деталь; резец отрезной.	15	0,06

Продолжение табл. 1.14

Номер зада- ния	Партия, шт/год	Технологический эскиз	Номера техноло- гических переходов	Содержание переходов, режущий инструмент	Режим обработки		
					v , м/мин	v , м/мин	
9	30		1	Подрезать торец 1; резец подрезной.	30	0,15	
			2	Точить поверхность 5; резец проходной.	50	0,12	
10	3000		3	Точить поверхность 2; резец проходной упорный.	50	0,12	
			4	Сверлить отверстие 4; сверло $\phi 15$.	50	0,12	
11	60000		5	Точить фаску $1 \times 45^\circ$; проходной резец.	60	0,2	
			6	Зенковать отверстие 3; зенковка $\phi 20$.	60	0,2	
12	50		7	Точить канавку шириной 3 мм; канавочный резец.	60	0,06	
			8	Отрезать деталь; отрезной резец.	30	0,06	

Но- мер зада- ния	Пар- тия, шт/год	Технологический эскиз	Номера техноло- гических перехо- дов	Содержание переходов, режущий инструмент	Режим обра- ботки	
					v , м/мин	v , м/мин
13	7000		1	Подрезать торец 1; резец проходной.	40	0,12
			2	Точить поверхность 6, резец проходной.	40	0,2
14	100000		3	Сверлить отверстие 4; сверло $\phi 17,7$.	40	0,2
			4	Точить поверхность 2; резец проходной упорный.	60	0,12
15	100		5	Зенкеровать поверхность 4; зенкер	60	0,12
		6	Точить канавку 5; канавочный (отрезной) резец.	40	0,06	
16	25		7	Точить конус 3; резец фасонный (широкий).	40	0,06
			8	Отрезать деталь; отрезной резец.	25	0,06

Примечания. 1. Заготовками для всех вариантов являются прутки диаметром 40 мм.

2. Для операции, выполняемой на токарно–револьверном станке, ряд указанных в заданиях переходов По заданию преподавателя могут быть объединены в сложные многоинструментальные переходы.

Содержание отчета

1. Наименование работы.

2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания.

Индивидуальное задание: «Провести хронометрирование работ, выполняемых при наладке токарно-револьверного станка модели 1341, рассчитать штучно-калькуляционное время на изготовление детали «.....» и определить коэффициент непроизводительных затрат».

3. Технологический эскиз операции (табл. 1.14).

4. Данные хронометрирования работ на наладку станка модели 1341 (табл. 1.13).

5. Последовательность переходов технологической операции (по данным табл. 1.14).

6. Расчеты элементов штучно–калькуляционного времени (по формулам (1.25) – (1.31)).

7. Сводная таблица затрат времени на обработку (табл. 1.15).

8. Расчет доли непроизводительных затрат $K_{н.з.}$.

1.8. НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОГО АВТОМАТА

Цель работы: знания назначения и устройства токарно-револьверного автомата модели 1A118, его кинематической схемы, особенностей наладки станка и последовательности работы механизмов; умения давать характеристику конструкции и системы кулачкового управления работой станка, читать кинематическую схему и разрабатывать последовательность работы узлов при изготовлении конкретной детали.

Общие сведения

Токарно-револьверный автомат модели 1A118 предназначен для изготовления деталей из прутков круглого, квадратного и шестигранного профилей. Закрепление прутков осуществляют на станке с помощью цангового устройства. Станок позволяет выполнять все виды обработки на поверхностях вращения, включая нарезание наружной и внутренней резьбы плашками и метчиками.

Применяют токарно-револьверный автомат в условиях крупносерийного и массового производств. Станок работает по замкнутому технологическому циклу, обеспечивая безлюдную технологию обработки и автоматический переход к изготовлению следующей детали после завершения обработки предыдущей. Автоматическое управление работой станка в целом и его узлов обеспечивается настройкой кулачковой системы, расположенной на распределительном валу.

На токарно-револьверном автомате модели 1A118 можно изготавливать детали диаметром до 18 мм и длиной до 50 мм из стали, бронзы, латуни и других материалов.

Устройство станка

Основными узлами и частями станка являются (рис. 1.37): основание 1, станина 12, шпиндельная бабка 4, шпиндель 7, передний 5 и задний 8 поперечные суппорты, вертикальный суппорт 6, револьверный суппорт 10, шестипозиционная револьверная головка 9, главный распределительный вал XII, вспомогательный управляющий вал VIII, электродвигатель 2. Внутри основания 1 размещены коробка скоростей, бак для смазочно-охлаждающей жидкости и электрошкаф.

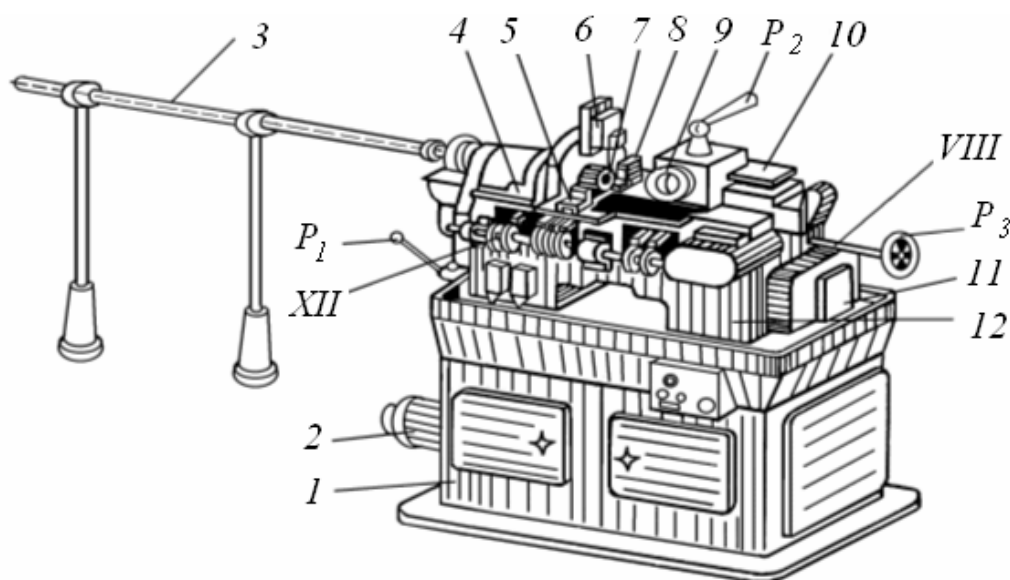


Рис. 1.37. Токарно-револьверный автомат модели 1A118

На шпиндельной бабке 4 справа закреплен кронштейн с направляющими для вертикально перемещающегося суппорта 6. На

суппорте устанавливают, как правило, отрезной резец, работающий с движением вертикальной подачи. Слева от шпиндельной бабки размещен кронштейн с механизмом перемещения пруткового материала 3. Сам пруток располагают и закрепляют внутри шпинделя с помощью цангового патрона. Шпинделю вместе с прутком сообщают от коробки скоростей вращение, являющееся при работе главным движением резания.

На суппортах 5 и 8 закрепляют режущие инструменты, работающие с движением поперечной подачи: фасонные круглые и призматические, канавочные и отрезные резцы, резцы для обработки коротких конических поверхностей, накатники и др. Инструменты, требующие при резании движения продольной подачи, устанавливают в revolverной головке 9. Головка снабжена приводом автоматического поворота, обеспечивающим смену режущего инструмента, и механизмом фиксации ее в заданном положении. Для вывода фиксатора из revolverной головки при наладке автомата используют рукоятку P_2 .

В одном из гнезд (позиций) revolverной головки размещен механизм обгона и быстрого сверления. Его шпиндель, в котором крепят метчики, плашки и сверла, имеет привод вращения. Механизм обгона используют при сверлении отверстий малых диаметров и для свинчивания резьбонарезных инструментов с нарезанной резьбы. В случае применения этого механизма для сверления отверстий диаметром менее 5 мм инструменту (сверлу) придается вращение в направлении обратном вращению заготовки. Это повышает скорость главного движения резания и производительность обработки. Для свинчивания резьбонарезного инструмента шпиндель механизма обгона получает вращение в том же направлении, что и заготовка, но с большей частотой вращения.

Автоматическое управление последовательностью и режимами работы механизмов станка осуществляется от установленных на главном распределительном валу XII кулачков K_5 , K_6 и K_7 и переналаживаемых упоров на дисках K_4 , K_8 и K_9 . (кулачки представлены на рис. 1.38) Кулачки K_5 , K_6 и K_7 через системы рычагов обеспечивают движения подачи соответственно вертикального, переднего и заднего суппортов. Установленный на валу XI кулачок K_{10} (рис. 1.38) управляет перемещениями revolverного суппорта.

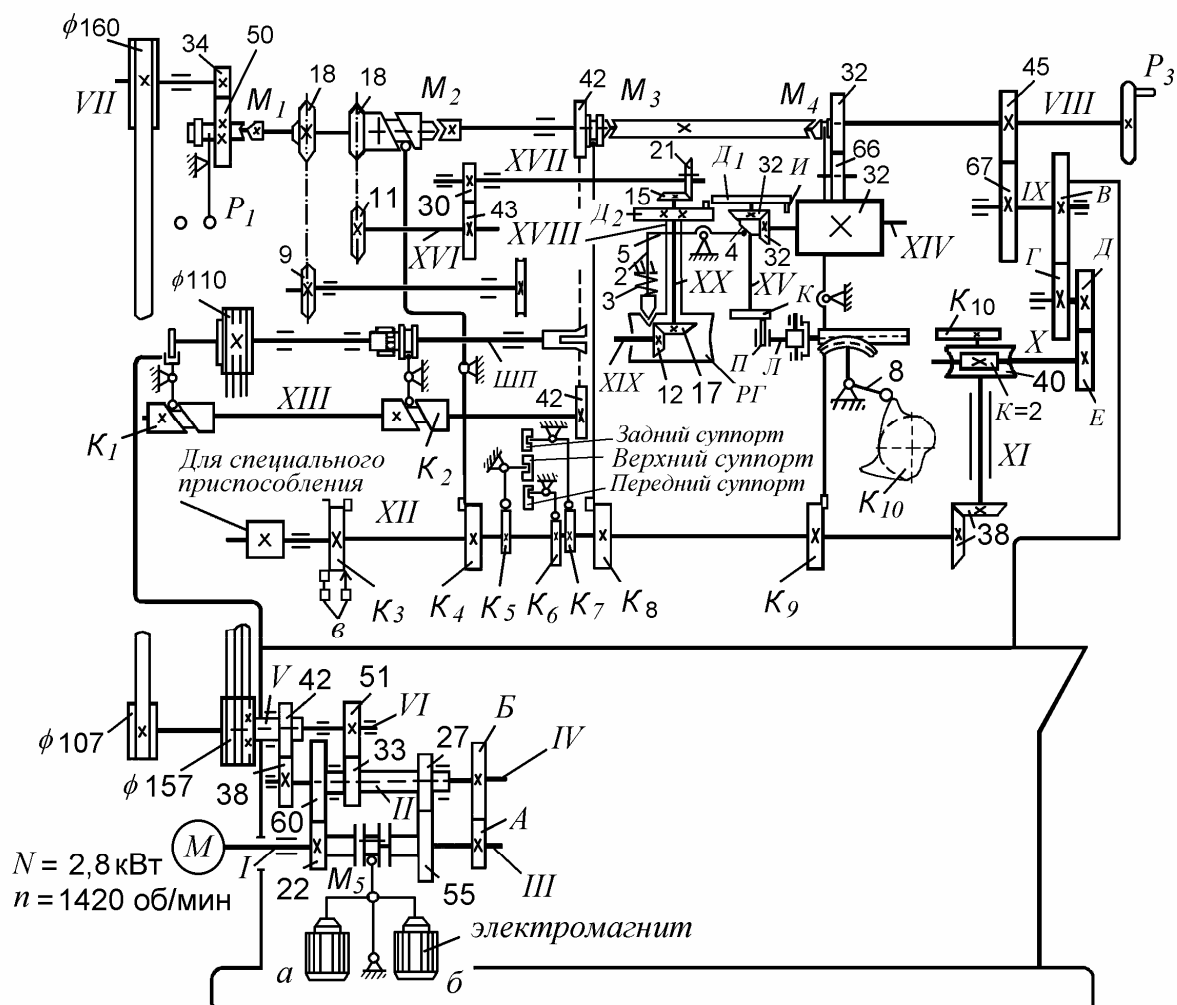


Рис. 1.38. Кинематическая схема токарно-револьверного автомата модели 1A118

Работа механизмов перемещения и закрепления прутка, поворота револьверной головки, включения вращения шпинделя механизма обгона и быстрого сверления осуществляется от быстроходного вспомогательного управляющего вала *VIII* (рис. 1.37 и 1.38) путем включения или выключения расположенных на нем муфт сцепления *M₃* и *M₄*. Управление включением муфт производят от переналаживаемых упоров на дисках *K₄*, *K₈* и *K₉* главного распределительного вала *XII* через систему рычагов.

Производительность автомата определяется частотой вращения главного распределительного вала *XII*. За один его оборот изготавливается одна деталь. Частоту вращения этого вала регулируют с помощью гитары сменных зубчатых колес *11* (рис. 1.37). Эта гитара располагается с правой стороны станины станка и связывает главный распределительный вал *XII*

со вспомогательным управляющим валом *VIII*, размещенным сзади станины.

Включение и выключение вспомогательного управляющего вала *VIII*, а вместе с ним и системы автоматического управления станком производят с помощью рукоятки *P₁*. При наладке станка вспомогательный вал поворачивают вручную с помощью закрепленного на нем маховика *P₃*.

Кинематическая схема станка и устройство основных его механизмов

Привод станка обеспечивает вращение шпинделя с заготовкой (главное движение резания), движения подачи и вспомогательные перемещения поперечных (переднего, заднего, вертикального) и револьверного суппортов; вращение шпинделя механизма обгона и быстрого сверления, периодические делительные повороты револьверной головки, перемещения зажимной и подающей цанг, используемых для выдвижения прутковой заготовки из шпинделя и закрепления ее в новом положении.

Кроме того, для осуществления автоматического цикла вращение сообщается трем управляющим валам: главному распределительному *XII* (рис. 1.38), вспомогательному управляющему *VIII* и валу *XI*. Для передачи исполнительным механизмам движений и согласования параметров этих движений в станке-автомате предусмотрены соответствующие кинематические цепи.

Кинематическая цепь вращения шпинделя включает механизмы передачи движения от электродвигателя к шпинделю станка и предназначена для сообщения заготовке главного движения резания. Формула кинематической связи механизмов этой цепи может быть представлена в следующем виде:

$$M - I \begin{array}{l} \nearrow 22/60 - II - 27/55 \searrow \\ \hline \end{array} \begin{array}{l} \text{(механизм перебора)} \\ M_5 - III - A/B - IV - 38/42 - V - 157/110 - \\ \text{— шпиндель (ШП)}. \end{array}$$

В автоматическом режиме работы шпиндель станка может иметь одну из двух частот вращения. Переключение вращения шпинделя с одной частоты на другую происходит по командам упоров диска *K₃*, которые в

нужный момент воздействуют на конечные выключатели «в» и включают электромагниты «а» или «б», управляющие фрикционной муфтой M_5 . При включении муфты M_5 вправо в кинематическую цепь вводится механизм перебора, уменьшающий частоту вращения шпинделя в 5,55 раза.

Сменные зубчатые колеса A и B гитары скоростей, прилагаемые к станку, дают возможность получить 8 различных передаточных отношений. Это обеспечивает (с учетом включения механизма перебора) 16 различных частот вращения шпинделя в диапазоне от 151 до 3895 об/мин.

Кинематические цепи вращения вспомогательного управляющего и главного распределительного валов. Формула кинематических связей механизмов цепи привода вспомогательного управляющего вала $VIII$ записывается в следующем виде:

$$M - I - 22/60 - II - 33/51 - VI - 107/160 - VII - 34/50 - M_1 - VIII.$$

На вал $VIII$ вращение передается через кулачковую муфту M_1 , которую включают вручную рукояткой P_1 . Из формулы кинематических связей следует, что вспомогательный управляющий вал имеет постоянную частоту вращения ($n = 150$ об/мин).

Согласование частот вращения главного распределительного XII и вспомогательного управляющего $VIII$ валов осуществляют по приведенной ниже формуле их кинематических связей:

$$VIII - 45/67 - IX - B/G - D/E - X - 2/40 - XI - 38/38 - XII.$$

Гитару сменных зубчатых колес в этой цепи ($B/G - D/E$) используют для настройки длительности автоматического цикла изготовления заданной детали.

Кинематическая цепь перемещения и закрепления заготовки. Формула кинематических связей механизмов цепи имеет следующий вид:

$$XII - K_8 - M_3 - VIII - 42/42 - XIII \quad \begin{array}{l} \nearrow K_1 - \text{подающая цанга,} \\ \searrow K_2 - \text{зажимная цанга.} \end{array}$$

Включение цепи осуществляется автоматически упором на барабане K_8 , включающим однооборотную муфту M_3 на валу $VIII$. Преобразование вращения вала $XIII$ в поступательное перемещение подающей и зажимной цанг происходит с помощью цилиндрических кулачковых механизмов K_1

и K_2 , на которых программы движений соответствующих цанг и согласование их действия во времени заданы формой (наклоном) канавок на цилиндрической поверхности кулачков. Цикл работы цанг совершается в течение одного оборота вспомогательного вала $VIII$ (рис. 1.38), после этого муфта M_3 отключается.

Кинематическая цепь вращения шпинделя механизма обгона и быстрого сверления начинается от главного распределительного вала XII и заканчивается инструментальным шпинделем в одном из гнезд револьверной головки. В это гнездо устанавливают сверло или метчик (плашку). Ниже дается формула кинематических связей этой цепи:

$XII - K_4 - M_2 - VIII - 18/11 - XVI - 43/30 - XVII - 21/15 - XVIII - 17/12 - XIX$ (инструментальный шпиндель).

Включение кинематической цепи обгона и быстрого сверления происходит от переналаживаемого упора на диске K_4 с помощью рычага, управляющего муфтой M_2 , в тот момент, когда в рабочей позиции находится гнездо револьверной головки, несущее инструментальный шпиндель со сверлом или метчиком (плашкой). Частота вращения шпинделя имеет постоянное значение ($n = 700$ об/мин).

Кинематические цепи поворота револьверной головки и продольного перемещения револьверного суппорта. За период автоматического цикла работы станка (изготовление одной детали) револьверный суппорт может совершать до шести циклов возвратно-поступательных движений. Каждый цикл включает: быстрый подвод суппорта к заготовке; движение продольной подачи (рабочий ход); быстрый отвод; делительный поворот револьверной головки в следующую позицию.

Движение подачи револьверный суппорт получает от кулачка K_{10} , расположенного на валу XI (рис. 1.38), по следующей кинематической цепи:

$VIII - 45/67 - IX - B/\Gamma - Д/Е - X - 2/40 - XI - K_{10}$ – рычаг 8 – зубчатый сектор – рейка - револьверная головка ($РГ$).

На рис. 1.39 изображены механизмы поворота револьверной головки и продольных перемещений револьверного суппорта.

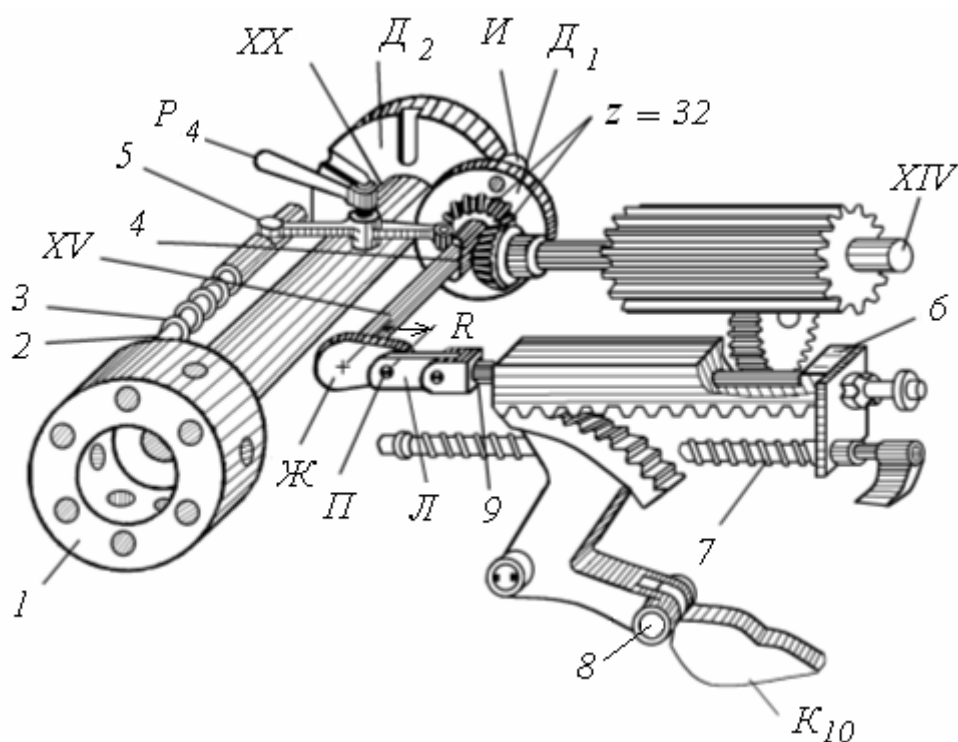


Рис. 1.39. Механизмы револьверной головки

Работа их осуществляется следующим образом. Кулачок K_{10} через рычаг 8 поворачивает зубчатый сектор, находящийся в зацеплении с рейкой 6. Внутри рейки помещен валик 9, один конец которого скреплен при помощи гаек с рейкой, а второй шарнирно соединен с шатуном Л. Последний в свою очередь шарнирно соединен с кривошипом Ж, установленным на валике XV. Валик XV располагается в подшипниках, закрепленных в револьверном суппорте.

Во время рабочего хода револьверного суппорта звенья кривошипно-шатунного механизма (Л, П, Ж) неподвижны и находятся в положении, указанном на рис. 1.39. Поэтому рейка 6 оказывается жестко связанной с валиком XV, а, следовательно, и с суппортом. При перемещении пустотелой рейки 6 будет перемещаться суппорт с револьверной головкой.

При этом будет сжиматься пружина 7, усилием которой ролик рычага 8 прижимается к кулачку K_{10} . По окончании рабочего хода ролик переходит с кривой рабочего хода кулачка K_{10} на кривую спада, и револьверный суппорт под действием пружины 7 отходит назад на величину спада кривой. После этого отхода включаются кинематические цепи быстрого отвода суппорта, поворота револьверной головки на $1/6$ оборота и быстрого подвода суппорта к начальной позиции, с которой

начинается движение продольной подачи от кулачка K_{10} . Формула кинематических связей механизмов цепи поворота револьверной головки приведена ниже:

$XII - K_9 - M_4 - VIII - 32/66 - 66/32 - XIV - 32/32 - XV - D_1 - D_2 - XX -$
револьверная головка (PI).

Работа механизмов цепи начинается тогда, когда упор на диске K_9 (рис. 1.38) с помощью рычага включит однооборотную муфту M_4 . Вращение от вспомогательного управляющего вала $VIII$ через муфту M_4 поступает на зубчатое колесо 32, которое через зубчатые колеса 66 – 32 и 32 – 32 сообщает один оборот кривошипному валику XV (рис. 1.39). За первую половину оборота валика суппорт (при неподвижной рейке) отойдет вправо на расстояние, равное удвоенному радиусу R , определяющему положение кривошипного пальца II на диске $Ж$. Одновременно торцовый кулачок 4, действуя на двуплечий рычаг 5, выводит фиксатор 2 из отверстия револьверной головки 1. После этого палец II диска D_1 входит в один из шести пазов диска D_2 механизма «мальтийский крест» и поворачивает револьверную головку на 60 градусов. Палец двуплечего рычага 5, перемещаясь по кривой спада торцового кулачка 4, освобождает фиксатор 2, который под действием пружины 3 фиксирует револьверную головку на новой позиции. Кривошипный валик XV , продолжая вращаться, за время второй половины оборота переводит кривошип $Ж$ в крайнее правое положение, подготавливая выполнение следующего перехода.

Наладка токарно-револьверного автомата

Наладка станка с кулачковой системой автоматического управления включает следующие действия: расстановку кулачков и упоров на барабанах, размещаемых на распределительном валу; сборку гитар сменных колес в кинематических цепях главного движения и распределительного вала, закрепление режущих инструментов и их наладку на выполнение заданных размеров.

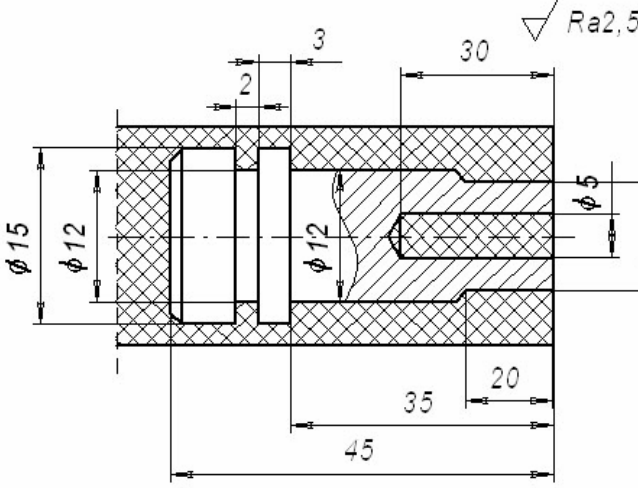
До наладки необходимо выполнить комплекс технологических и конструкторских работ, а также изготовить дисковые кулачки, управляющие движениями суппортов. В начале этих работ по чертежу

изготавливаемой детали разрабатывают план технологической токарно-револьверной автоматной операции с указанием выполнения всех требующихся технологических переходов и всех вспомогательных действий узлов станка в требуемой последовательности. Завершает автоматический цикл отвод верхнего суппорта после отрезки готовой детали отрезным резцом, закрепленным на этом суппорте.

Пример разработки фрагмента последовательности работы узлов станка на данной операции приведен в табл. 1.16.

Таблица 1.16

План токарно-револьверной автоматной операции (фрагмент)

Чертеж детали (с припусками и напусками на обработку)			
№ пп	Этапы автоматического цикла	Действующий узел станка	Режущий инструмент
1	Поворот револьверной головки и установка упора в рабочую позицию	Револьверная головка	
2	Подвод	Револьверный суппорт	
3	Перемещение прутка до упора и его закрепление	Механизмы перемещения и закрепления прутка	
4	Быстрый отвод	Револьверный суппорт	
	Подвод	Задний суппорт	

№ пп	Этапы автоматического цикла	Действующий узел станка	Режущий инструмент
5	Подрезание торца	То же	Подрезной резец
	Поворот	Револьверная головка	
6	Подвод	Револьверный суппорт	
7	Точение $d = 15$ мм	То же	Проходной резец
8	И т. д.		

После разработки плана операции производят расчет времени, которое требуется на выполнение отдельных переходов, и в целом полное время изготовления детали $T_{ум}$. На основе этого времени определяют частоту вращения главного распределительного вала по формуле $n_{ХП} = 1/T_{ум}$ и определяют параметры колес гитары сменных зубчатых колес A/B (рис. 1.38), устанавливаемых на валах IV и V . План операции позволяет разработать циклограмму операции, представляемую в виде схемы последовательности работы узлов станка и временные интервалы их действий, и приступить к проектированию управляющих кулачков K_5, K_6, K_7, K_{10} .

По окончании конструкторской разработки управляющих кулачков их изготавливают в инструментальном цехе предприятия. Только после готовности кулачков можно приступить к непосредственной наладке станка на выполнение заданной операции.

Содержание работы

Работа включает: изучение устройства и назначения токарно-револьверного автомата модели 1А118 и его узлов, механизмов, знакомства с кинематической схемой, разработку последовательности работы узлов станка при изготовлении конкретной детали в соответствии с индивидуальным заданием, оформление этой последовательности в виде технологического документа и подготовку отчета.

Порядок проведения работы

1. Изучите назначение и устройство токарно-револьверного автомата модели 1А118.

2. Проследите за изготовлением детали учебным мастером при работе станка в автоматическом режиме, обратите внимание на последовательность работы основных узлов и механизмов станка, опишите эту последовательность преподавателю.

3. Получите от преподавателя индивидуальное задание и разработайте совместно с преподавателем план токарно-револьверной автоматной операции детали по этому заданию.

Примечания. При разработке плана операции учитывайте следующие особенности работы токарно-револьверного автомата: допустимая ширина лезвия фасонного резца не должна превышать 6 мм; допустимая глубина резания резцом не может быть более 2 мм; изготовление резьбового отверстия выполняют за три перехода: сверление, зенкование фаски, нарезание резьбы.

Одновременно реализуемые переходы указывайте в одной позиции плана операции.

Содержание отчета

1. Наименование работы.

2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (табл. 1.17).

Индивидуальное задание: «Вычертить и описать работу фрагмента кинематической схемы токарно-револьверного автомата, обеспечивающего функционирование рабочего узла станка «.....». Разработать план токарно-револьверной автоматной операции изготовления детали и представить его в виде таблицы «План токарно-револьверной автоматной операции».

3. Фрагмент кинематической схемы станка, относящийся к кинематической цепи заданного преподавателем механизма; описание его работы: назначение, способ включения, способ изменения скорости движения узла, формула кинематических связей.

4. Чертеж детали по индивидуальному заданию и план токарно-револьверной автоматной операции для ее изготовления по форме табл. 1.16.

Индивидуальные задания

1 Пруток $\phi 12$ Фаски $1 \times 45^\circ$	2 Пруток $\phi 16$ Фаски $0,5 \times 45^\circ$
3 Пруток $\phi 12$	4 Пруток $\phi 18$ Фаски $0,5 \times 45^\circ$
5 Пруток $\phi 20$	6 Пруток $\phi 14$ Фаски $1 \times 45^\circ$
7 Пруток $\phi 16$	8 Пруток $\phi 18$ Фаски $0,5 \times 45^\circ$
9 Пруток $\phi 14$	10 Пруток $\phi 15$
11 Пруток $\phi 18$ Фаски $1,5 \times 45^\circ$	12 Пруток $\phi 18$

1.9. НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО ЗУБОФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

Цель работы: знания методов нарезания венцов зубчатых колес, устройства, назначения и кинематической схемы зубофрезерного станка модели 5310; умения читать кинематическую схему станка, рассчитывать число зубьев и подбирать сменные зубчатые колеса гитары скоростей, гитар цепей движений обкатки и подачи при нарезании прямозубого зубчатого колеса.

Методы нарезания венцов зубчатых колес

Образование зубьев зубчатого колеса путем удаления материала впадины режущим инструментом выполняют фрезерованием, строганием, долблением, протягиванием, шевингованием и шлифованием. При этом формообразование профиля боковых поверхностей зубьев может осуществляться двумя методами: копированием пальцевой (рис. 1.40, а) и дисковой (рис. 1.40, б) модульными фрезами и обкаткой (рис. 1.41).

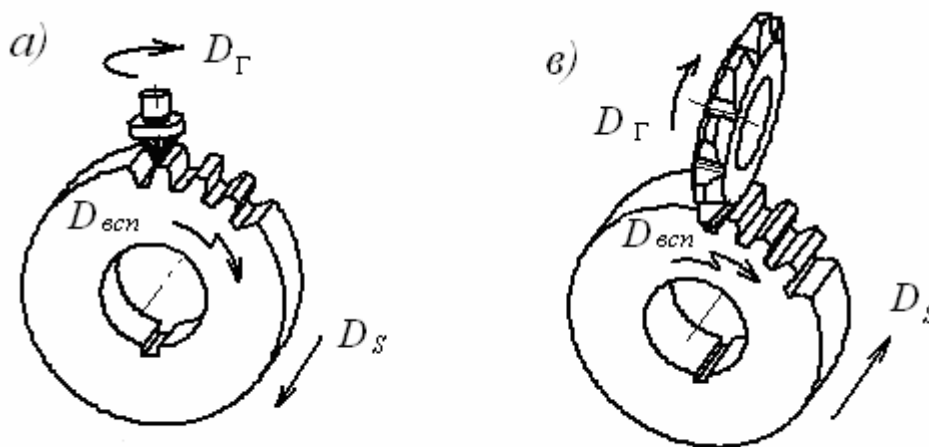


Рис. 1.40. Схемы обработки венцов зубчатых колес методом копирования

Метод копирования характеризуется тем, что процесс фрезерования осуществляется режущим инструментом, профиль режущей кромки которого соответствует профилю впадины зуба нарезаемого колеса. При изготовлении зубчатых колес методом обкатки нарезаемому колесу и зуборезному инструменту сообщают кинематически согласованные движения, совокупность которых воспроизводит движения звеньев зубчатой, реечной или червячной передачи. В связи с этим боковая поверхность зуба на венце

заготовки образуется как огибающая последовательных положений режущих кромок инструмента в их движении относительно заготовки зубчатого колеса.

Нарезание зубчатого венца методом обкатки осуществляют различными технологическими способами: зубодолблением (рис. 1.41, *а, б*), зубофрезерованием (рис. 1.41, *в*) и зубостроганием (рис. 1.41, *г*). Наибольшее распространение в промышленности получило зубофрезерование.

Зубофрезерованием по методу обкатки можно нарезать венцы цилиндрических зубчатых колес с прямыми (рис. 1.41, *в*) и винтовыми (рис. 1.42, *а*) зубьями, а также венцы червячных колес (рис. 1.42, *б*). Режущим инструментом в этих случаях является червячная модульная фреза, которая представляет собой винт с одно– или многозаходной трапецеидальной резьбой и несколькими наклонными стружечными канавками, служащими для образования режущих лезвий и размещения стружки.

Главным движением резания при зубофрезеровании методом обкатки является вращение фрезы D_r . Заготовка в этом случае совершает вращательное (круговое) движение $D_{скр}$ с частотой вращения n_o , об/мин, так, что

$$n_o = n_\phi k/z, \quad (1.34)$$

где n_ϕ – частота вращения фрезы, об/мин; k – число заходов фрезы, z – число зубьев нарезаемого зубчатого колеса.

При изготовлении цилиндрических (прямозубых и винтовых) колес по методу обкатки фрезе наряду с главным движением резания D_r сообщают движение вертикальной подачи $D_{св}$ вдоль оси заготовки. Введение этого движения обеспечивает нарезание зубьев на всей ширине венца.

Для получения винтовых зубьев заготовке помимо движений обкатки (согласованных по частоте вращений фрезы и заготовки) и вертикальной подачи фрезы $D_{св}$ необходимо сообщить дополнительное вращение $\Delta D_{скр}$. Скорость его должна быть согласована с вертикальной подачей S_v следующим образом: при опускании фрезы на шаг винтовой впадины зубчатого колеса заготовка должна дополнительно повернуться на один оборот.

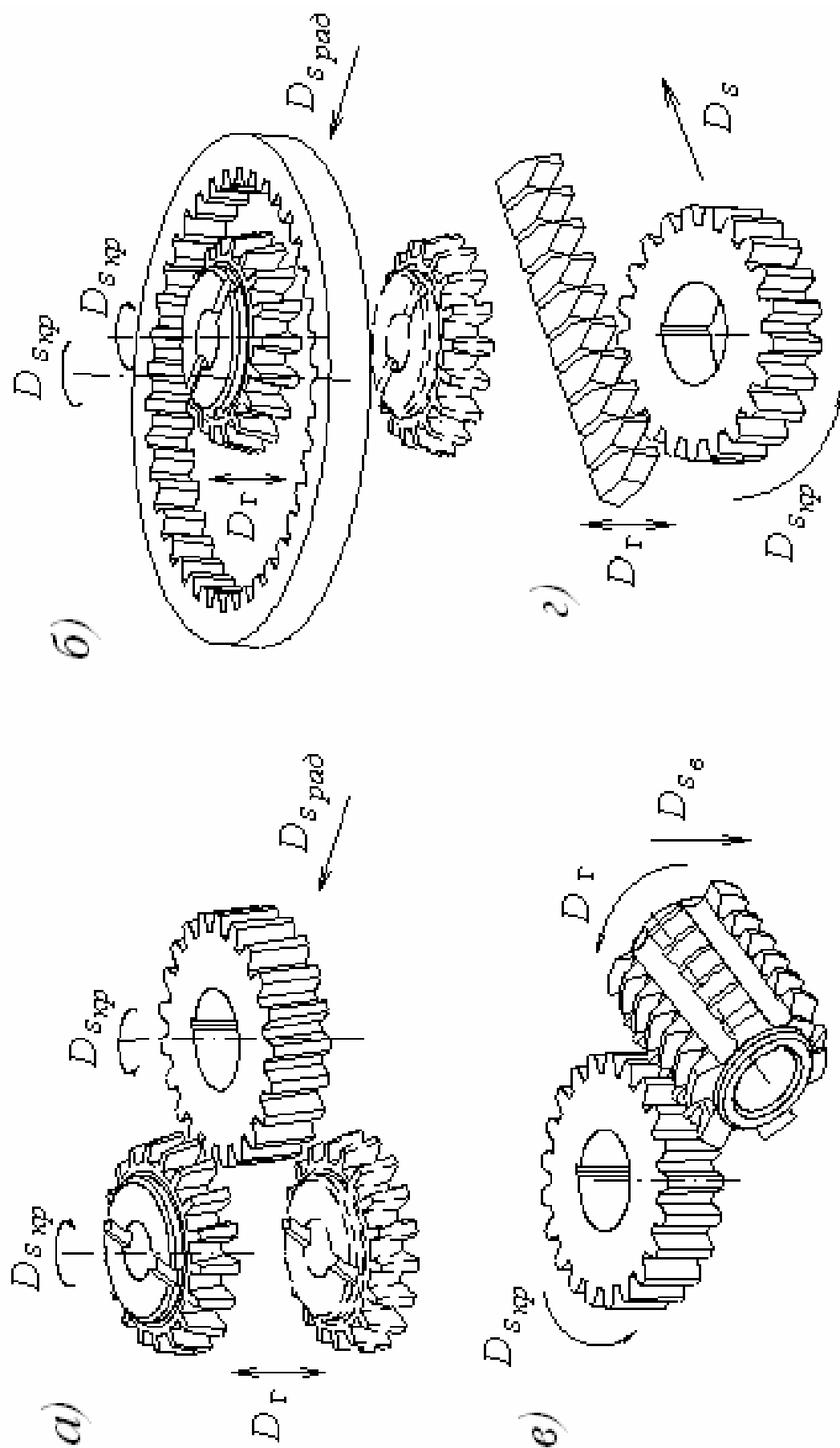


Рис. 1.41. Схемы обработки венцов зубчатых колес методом обкатки

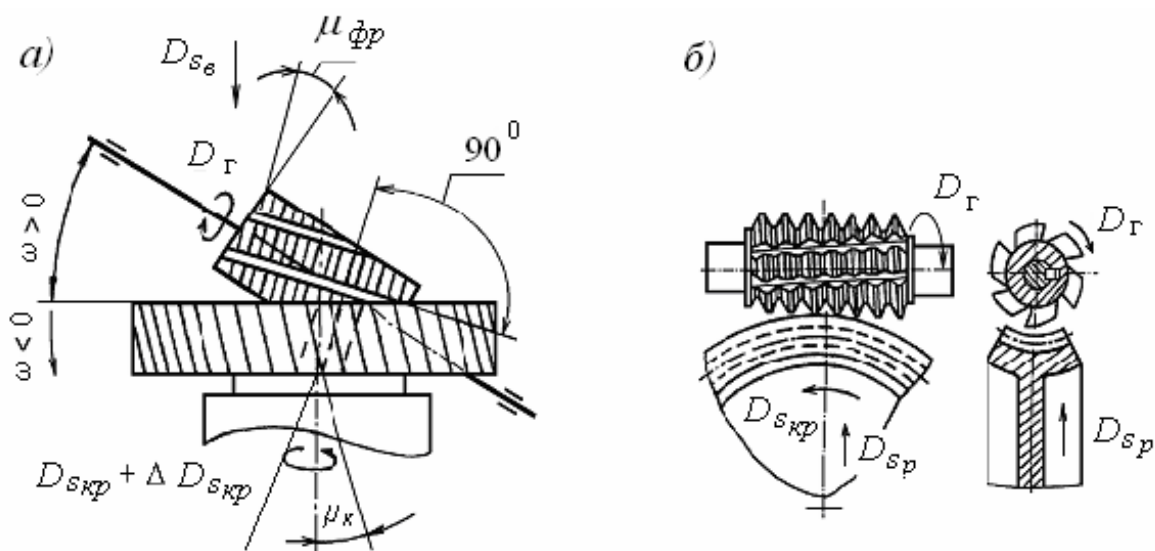


Рис. 1.42. Схемы фрезерования венцов цилиндрических (а) и червячных (б) зубчатых колес

При нарезании цилиндрических зубчатых колес фрезу устанавливают так, чтобы передняя поверхность ее лезвия, образованная пересечением стружечной канавкой витка фрезы, в зоне резания была перпендикулярна направлению впадины нарезаемого колеса. В связи с этим шпиндель станка, на котором закрепляют червячную фрезу, поворачивают на угол ω , определяемый направлениями и углами подъема (наклона) витков фрезы μ_{ϕ} и зубьев изготавливаемого колеса μ_k .

При принятом на рис. 1.42, а направлении положительных значений углов ω значение этого угла определяют по формулам, приведенным в таблице 1.18.

Таблица 1.18

Формулы определения угла поворота червячной фрезы при нарезании колес с винтовыми зубьями

№ п.п.	Направление подъема витков фрезы	Направление наклона зуба колеса	Формула определения угла ω
1	правое	правое	$\omega = \mu_{\phi} - \mu_k$
2		левое	$\omega = \mu_{\phi} + \mu_k$
3	левое	правое	$\omega = -\mu_{\phi} - \mu_k$
4		левое	$\omega = -\mu_{\phi} + \mu_k$

Примечание. Правое и левое направления углов определяют по правилам правого и левого буравчика.

Нарезание венцов червячных зубчатых колес зубофрезерованием методом обкатки имеет свою специфику по отношению к изготовлению цилиндрических колес. Движение вертикальной подачи фрезы D_{sv} в этом случае отсутствует. Угол наклона оси фрезы ω принимают равным нулю. Фрезу устанавливают так, что ее ось располагается на середине венца колеса. Заготовке при резании сообщают движение радиальной подачи D_{sp} (рис. 1.42, б). К особенностям этого способа следует отнести и то, что червячная фреза по своим размерам (диаметру), профилю режущих кромок и числу заходов должна соответствовать червяку, в зацеплении с которым будет работать изготавливаемое зубчатое колесо.

Назначение зубофрезерного станка и его основные узлы

Зубофрезерный станок модели 5310 предназначен для нарезания цилиндрических прямозубых и винтовых, а также червячных колес методом обкатки. При чистовом фрезеровании червячной фрезой достигается седьмая – восьмая степени точности зубчатого венца и шероховатость поверхностей зубьев по параметру $Ra = 6,3–1,6$ мкм. Станок применяют в условиях серийного производства при нарезании зубчатых колес диаметрами от 60 до 180 мм с модулями от 1 до 4 мм.

Внешний вид зубофрезерного станка показан на рис. 1.43. Станок имеет сборную станину, состоящую из основания 1 и вертикальной стойки 13. На горизонтальных направляющих станины размещены салазки 2, несущие на себе круглый вращающийся стол 3 и стойку 5 с опорным кронштейном 8. Заготовку устанавливают на оправке 4, нижний конец которой центрируют и закрепляют в отверстии стола 3, а верхний конец — в опорном кронштейне 8. Кронштейн крепится на стойке 5 рукояткой 6.

На вертикальных направляющих стойки 13 находится фрезерный суппорт 12 с поворотной частью 11, в которой смонтирован шпиндель 9. Фрезу 10 устанавливают на двухопорной оправке, закрепляемой в отверстии шпинделя и на подшипниковой опоре поворотной части 11. На передней стенке стойки 13 расположены пульта управления станком 14 и 17. Стойки 5 и 13 соединены сверху балкой 7, обеспечивающей станку повышенную жесткость.

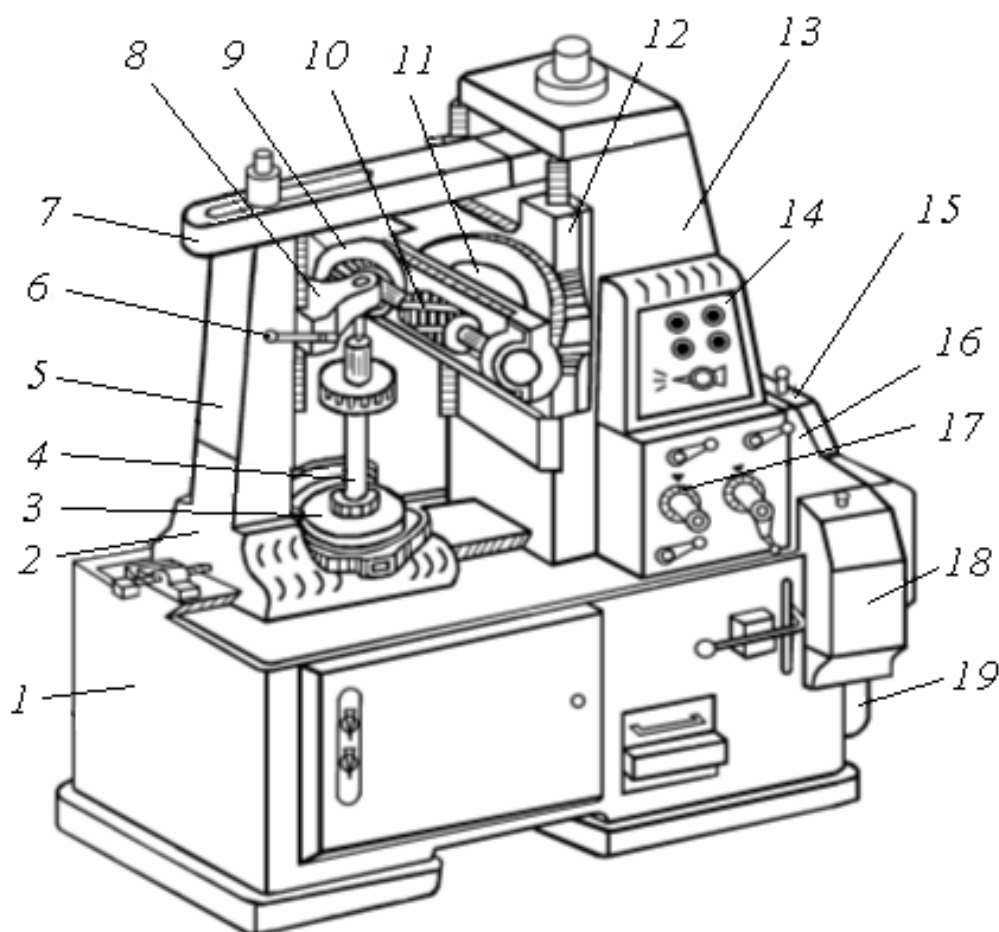


Рис. 1.43. Внешний вид зубофрезерного станка модели 5310

На внешних поверхностях станины установлены устройства, называемые гитарами сменных зубчатых колес и служащие для наладки частоты вращения фрезы (гитара главного движения резания 19), скоростей вертикального перемещения суппорта и радиального перемещения салазок с заготовкой (гитара подач 16), частот вращения стола с заготовкой (гитара обкатки 15) и дополнительного вращения заготовки (гитара дифференциала 18).

Привод, кинематические цепи и кинематическая схема зубофрезерного станка модели 5310

На металлорежущих станках заготовке и инструменту сообщают вполне определенные, согласованные между собой движения. С этой целью в конструкции любого станка предусмотрен привод, размещаемый внутри станины.

Привод станка состоит из источника(ов) движения и совокупности механизмов, передающих движения исполнительным узлам станка,

на которых крепят заготовку и инструмент. Структурно привод подразделяют на ряд кинематических цепей. Каждая кинематическая цепь состоит из последовательно соединенных механизмов, образующих кинематические пары и передающих движение от начального звена кинематической цепи к конечному. Привод зубофрезерного станка модели 5310 имеет пять основных кинематических цепей.

Кинематические цепи станка на чертеже представляют в виде целостной кинематической схемы. Кинематической схемой называют условное изображение на плоскости механизмов, валов, отдельных деталей и источников движения, приведенное в последовательности их кинематических связей и вписанное в контуры основной проекции станка или его узлов. Для вычерчивания таких схем пользуются условными обозначениями деталей и механизмов по ГОСТ 2.770-68.

Для изменения скоростей движения исполнительных узлов, направлений их движений и для установления точных соотношений между скоростями или перемещениями одновременно участвующих в работе узлов кинематические цепи имеют механизмы наладки, называемые коробками скоростей, коробками подач или гитарами сменных зубчатых колес.

На рис. 1.44 представлена кинематическая схема зубофрезерного станка модели 5310. Рассмотрим представленные на этой схеме кинематические цепи станка.

Кинематическая цепь главного движения резания. Эта цепь обеспечивает вращение фрезы. Начальным звеном кинематической цепи является главный электродвигатель станка M_1 , конечным звеном — шпиндель (вал VII), на котором крепится фреза.

Через клиноременную передачу со шкивами диаметрами $d_1 = 90$ мм и $d_2 = 180$ мм, установленными неподвижно соответственно на валу электродвигателя M_1 и валу I , вращение от вала электродвигателя подается на вал I . С вала I через цилиндрические зубчатые колеса с числами зубцов соответственно 30 и 50 вращение поступает на вал II , a .

Отсюда вращение передается либо через сменные зубчатые колеса $A' - B'$, либо через механизм реверса $40 - 40$ и сменные зубчатые колеса $A - B$ на вал III . С вала III через расположенные на валах IV , V и VI три конические зубчатые передачи 24–24 (две пары) и 17 – 17 с общим передаточным отношением равным 1, вращение передается на вал VI .

Далее через пару прямозубых цилиндрических колес $20 - 60$ вращение поступает на шпиндель станка VII , на котором установлена фреза. Отсюда вращение передается либо через сменные зубчатые колеса $A' - B'$, либо через механизм реверса $40 - 40$ и сменные зубчатые колеса $A - B$ на вал III . С вала III через расположенные на валах IV , V и VI три конические зубчатые передачи $24-24$ (две пары) и $17 - 17$ с общим передаточным отношением равным 1, вращение передается на вал VI . Далее через пару прямозубых цилиндрических колес $20 - 60$ вращение поступает на шпиндель станка VII , на котором установлена фреза.

Рассмотренную кинематическую цепь можно представить в виде формулы кинематических связей ее механизмов:

$$M_1 - 90/180 - I - 30/50 - II_a \begin{array}{l} \nearrow 40/40 - II_b - A/B \\ \searrow A'/B' \end{array} \begin{array}{l} \nearrow III - 24/24 - IV - \\ \searrow - 24/24 - V - 17/17 - VI - 20/60 - VII \text{ (шпиндель)}. \end{array}$$

Частоту вращения шпинделя, зависящую от числа зубьев сменных зубчатых колес A (A') и B (B'), а также от передаточных отношений других механизмов, связывающих электродвигатель и шпиндель станка, рассчитывают путем решения уравнения кинематического баланса цепи главного движения по формуле:

$$n_{шп} = n_{дв} \cdot i_{гс} \cdot i'_{цгд}, \quad (1.35)$$

где $n_{шп}$ – частота вращения шпинделя станка, об/мин; $n_{дв}$ – частота вращения вала электродвигателя M_1 , об/мин; $i_{гс}$ – передаточное отношение гитары скоростей ($i_{гс} = A/B$); $i'_{цгд}$ – передаточное отношение всех механизмов цепи главного движения без механизмов гитары скоростей.

В кинематической цепи главного движения резания механизмом наладки, обеспечивающим заданную скорость резания, является гитара скоростей, передаточное отношение $i_{гс}$ которой можно ступенчато варьировать путем подбора парных зубчатых колес A (A') и B (B'). Такой подбор колес осуществляют на основе определения соотношения колес A/B из уравнения кинематического баланса (1.41) путем подстановки в это уравнение заданной частоты вращения шпинделя и выполнения условия сцепляемости колес A и B . Условие сцепляемости определяется тем, что расстояние между осями колес гитары скоростей постоянно и не может быть

изменено, а потому сумма чисел зубцов колес A и B должна быть постоянной и по конструкции станка равной 65.

Кинематическая цепь движения обкатки. Эта цепь служит для согласования скоростей вращения фрезы (D_f) и заготовки ($D_{скр}$) по условию, представленному формулой (1.34). Начальным звеном цепи обкатки является шпиндель станка, конечным — стол, на котором с помощью оправки крепится заготовка.

Формула кинематических связей цепи обкатки имеет следующий вид:

VII (шпиндель) — $60/20$ — VI — $17/17$ — V — $24/24$ — IV — $24/24$ — III — $50/50$ — дифференциал — $VIII$ — $42/42$ — IX — a/b — c/d — X — $1/72$ — стол станка.

В кинематической цепи обкатки механизмом, обеспечивающим установку требуемой частоты вращения заготовки, является гитара обкатки. Передаточное отношение этой гитары i_{zo} можно ступенчато варьировать путем подбора сменных зубчатых колес a , b , c , d в соответствии с уравнением

$$i_{zo} = (a/b) \cdot (c/d) = 24 \text{ k/z.} \quad (1.36)$$

Кинематическая цепь движения вертикальной подачи фрезы. Эта цепь служит для обеспечения заданного значения вертикальной подачи фрезы ($D_{сг}$, мм/об. заготовки). Начинается эта цепь со стола станка 3 (рис. 1.43), реализующего вращение заготовки, и заканчивается винтовой передачей, располагающейся в суппорте станка и обеспечивающей вертикальное перемещение фрезерного суппорта II вместе с фрезой.

Формула кинематических связей механизмов этой цепи имеет следующий вид:

стол — $72/1$ — X — $2/18$ — XI — a_1/b_1 — c_1/d_1 — XII — M_3 — $XIII$ — $55/44$ — $21/21$ — XVI — $16/16$ — $XVII$ — $4/20$ — M_4 — $XVIII$ — M_5 — $4/24$ — XIX — фрезерный суппорт.

Ускоренное вертикальное перемещение фрезерного суппорта для подвода инструмента к заготовке обеспечивается электродвигателем M_2 .

Кинематическая цепь движения радиальной подачи стола. Эта цепь обеспечивает радиальную подачу стола с заготовкой при нарезании червячных зубчатых колес. Исходным звеном цепи является стол с заготовкой (вращение стола), а конечным — винт радиального перемещения салазок со столом.

Скорость поступательного движения стола с заготовкой согласовывают с частотой вращения стола (заготовки) путем выбора радиальной подачи S_p , мм/об. заготовки.

Формула кинематических связей механизмов этой цепи имеет следующий вид:

стол – 72/1 – X – 2/18 – XI – a_1/b_1 – c_1/d_1 – XII – M_3 – XIII – 55/44 – 21/21 – XVI – 16/16 – XVII – 4/20 – M_4 – XVIII – 10/20 – XX – шарнир – XX' – 4/20 – XXI – 10/20 – XXII – 20/25 – XXIII – салазки стола.

Ускоренный подвод и отвод салазок стола осуществляют через кинематическую цепь, связывающую салазки с электродвигателем M_2 через винтовую передачу (винт XXIII).

В кинематических цепях вертикальной и радиальной подач наладку значений подач осуществляют с помощью одной гитары сменных зубчатых колес. Начальным звеном в этих цепях является стол станка с заготовкой. Конечные звенья цепей радиальной и вертикальной подач представлены разными механизмами. При расчете по кинематическим цепям значений подач используют следующие уравнения кинематического баланса:

$$S_v = 1_{об\ заг} \cdot i_{zn} \cdot i'_{vgn} \cdot t_{vv} \quad (1.37)$$

$$S_{pad} = 1_{об\ заг} \cdot i_{zn} \cdot i'_{prn} \cdot t_{pv}, \quad (1.38)$$

где i_{zn} – передаточное отношение гитары подач; i'_{prn} , i'_{vgn} – передаточные отношения цепей радиальной и вертикальной подач без механизма гитары подач; t_{vv} и t_{pv} – значения шагов ходовых винтов соответственно вертикальной подачи и винта радиальной подачи станка.

Кинематическая цепь дополнительного вращения ($\Delta D_{скр}$) заготовки. Цепь «включают» в работу только при нарезании зубчатых венцов с винтовыми зубьями. Начальным звеном данной цепи является фрезерный суппорт с фрезой (движение вертикальной подачи), а конечным — стол станка с заготовкой (дополнительное вращение).

Формула кинематических связей механизмов цепи имеет следующий вид:

фрезерный суппорт – XIX – 24/4 – M_5 – XVIII – M_4 – 20/4 – XVII – 16/16 – XVI – 21/21 – 44/55 – XIII – a_2/b_2 – c_2/d_2 – XIV – 2/40 – M_2 – дифференциал – VIII – 42/42 – IX – a/b – c/d – X – 1/72 – стол.

Механизм дифференциала (рис. 1.45) предназначен для суммирования на валу *VIII*, а в конечном итоге на столе с заготовкой, частот вращательных движений, обеспечиваемых кинематическими цепями обкатки и дополнительного вращения заготовки, что необходимо при нарезании цилиндрических колес с винтовыми зубьями.

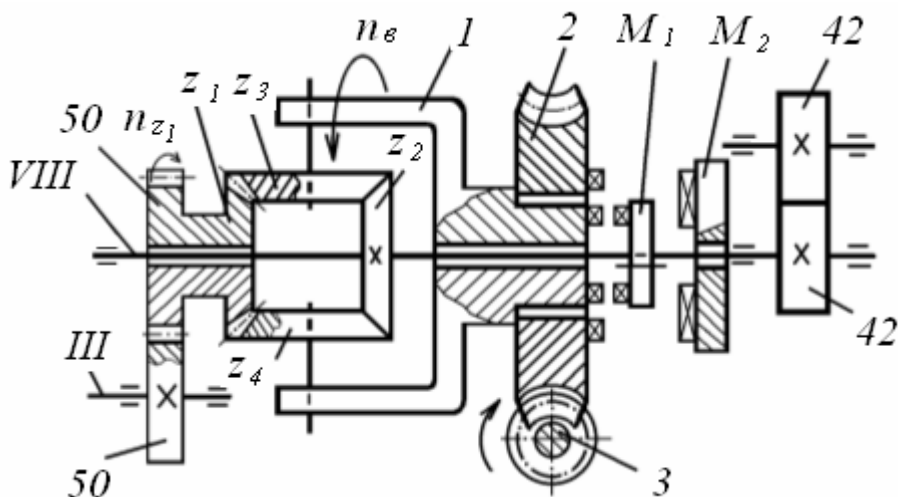


Рис. 1.45. Устройство дифференциала зубофрезерного станка модели 5310

Дифференциал состоит из четырех конических зубчатых колес z_1, z_2, z_3, z_4 , водила I , червячного колеса 2 , червяка 3 и сменных кулачковых муфт M_1 и M_2 . При нарезании прямозубых зубчатых венцов дифференциал «выключают», для чего сменную муфту M_1 сдвигают влево, жестко соединяя водило I с валом $VIII$. Муфта M_2 с вала $VIII$ снимается. Поэтому вращение от вала III через зубчатую передачу $50 - 50$ сообщается свободно сидящему на валу $VIII$ колесу z_1 . С помощью муфты M_1 вал $VIII$, водило I , колеса z_3 и z_4 (сателлиты) соединяются так, что они остаются неподвижными относительно друг друга и могут поворачиваться только как одно целое. Передаточное отношение механизма дифференциала в этом случае $i_\partial = 1$.

При нарезании колес с винтовыми зубьями вместо муфты M_1 на вал *VIII* устанавливают кулачковую муфту M_2 . При ее смещении влево червячное колесо 2 соединяется со ступицей водила *I*. Поэтому водило будет получать вращение n_6 от кинематической цепи дифференциала, а колесо z_2 и

связанный с ним вал *VIII* будут вращаться с частотой $n_{VIII} = n_{z1} \pm 2n_g$. Здесь знак «плюс» используют при разных, а знак «минус» – при одинаковых направлениях вращения водила и колеса z_1 .

Содержание работы

Работа включает: ознакомление с методами нарезания венцов зубчатых колес, изучение устройства и назначения зубофрезерного станка модели 5130 и его кинематической схемы, методики подбора зубчатых колес гитар сменных зубчатых колес для наладки станка на зубофрезерование колес различных типов; выполнение расчетов, необходимых при наладке зубофрезерного станка на фрезерование прямозубого зубчатого колеса.

Порядок проведения работы

1. Изучите способы нарезания зубчатых колес и ознакомьтесь с зуборезным инструментом (по демонстрационному стенду).
2. Изучите устройство и кинематическую схему станка.
3. Проследите за изготовлением на станке венца зубчатого колеса.
4. Получите от преподавателя индивидуальное задание (табл. 1.19) и выполните следующие расчеты, необходимые для наладки станка на изготовление указанного в таблице прямозубого цилиндрического колеса.

Таблица 1.19

Индивидуальные задания

Но- мер зада- ния	Зубчатое колесо		Червяная фреза		Режим резания	
	z	m , мм	D , мм	направление витков фрезы	v , м/мин	S_v , мм/об. заг.
1	2	3	4	5	6	7
1	38	1,75	55	правое	21	2,6
2	41	1,25	50	левое	34	4,0
3	33	2	55	правое	19	2,4
4	70	1	50	левое	52	4,2
5	17	2,5	65	правое	15	2,0
6	30	2,25	60	левое	38	1,6

1	2	3	4	5	6	7
7	22	2,75	65	правое	14	1,8
8	37	1,5	55	левое	46	3,8
9	58	1	50	правое	27	3,2
10	35	1,75	55	левое	40	3,6
11	28	2	55	правое	18	2,4
12	46	1,5	55	левое	45	3,7
13	36	1,25	50	правое	24	3,0
14	29	2,5	65	левое	50	4,0
15	21	2,75	65	правое	13	1,8

Примечания: 1. К станку прилагаются наборы зубчатых колес с числом зубьев: для настройки гитары скоростей – 20, 23, 27, 30, 35, 38, 42, 45; для настройки гитары обкатки и гитары подач (один общий набор) – 20 (2 шт), 23, 24, 25 (2 шт), 30, 33, 34, 35, 37, 40, 41, 43, 47, 48, 50, 53, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 67, 70, 71, 73, 80, 83, 85, 89, 90, 92, 95, 97, 98, 100.

2. Число заходов червячной фрезы $k = 1$.

1). Определите необходимую частоту вращения фрезы $n_{расч}$ по заданному режиму резания, используя формулу:

$$n_{расч} = 1000 \vartheta / \pi D_{\phi} . \quad (1.39)$$

2). Подберите из прилагаемых к станку (см. примечание 1 к табл. 1.19) сменные зубчатые колеса гитары скоростей A и B , выполнив соотношение $A/B \leq n_{расч}/142$ и условие сцепляемости колес $A + B = 65$.

3). Напишите структурную формулу кинематической цепи главного движения резания для заданного варианта задания.

4). Рассчитайте действительные частоту вращения фрезы n_{ϕ} и скорость главного движения резания ϑ^{ϕ} , используя уравнение кинематического баланса цепи главного движения резания (1.35) и формулу (1.39).

5). Подберите сменные зубчатые колеса a, b, c, d для гитары обкатки из набора колес (приложение 1 к табл. 1.19) по формуле

$$i_{zo} = (a/b) \cdot (c/d) = 24 \cdot k/z.$$

После того, как передаточное отношение сменных зубчатых колес гитары определено и числа зубьев колес подобраны, необходимо проверить возможность сцепления выбранных зубчатых колес. Необходимость такой проверки связана с тем, что зубчатые колеса должны поместиться

на гитаре и не упираться во втулки соседних валов с зубчатыми колесами. Сцепляемость колес гитары обкатки обеспечивается при выполнении следующих условий:

$$140 \geq a + b \geq 80; \quad 175 \geq c + d \geq 94; \quad c + d \geq b + 24.$$

6). Подберите сменные зубчатые колеса гитары подач по формуле

$$i_{zn} = (a_1/b_1) \cdot (c_1/d_1) = (3/10) S_g,$$

где S_g – вертикальная подача фрезы, мм/об. заготовки.

Выбранные колеса проверьте на выполнение следующих условий сцепляемости:

$$\begin{aligned} a_1 \leq 75; \quad 143 \geq a_1 + b_1 \geq 83; \quad 200 \geq c_1 + d_1 \geq 94; \\ a_1 + b_1 \geq c_1 + 24; \quad c_1 + d_1 \geq b_1 + 24; \quad a_1 + b_1 + c_1 + d_1 \geq 235. \end{aligned}$$

7). Определите глубину фрезерования t и расчетный диаметр заготовки $D_{заг}$ по формулам: $t = 2,25 m$; $D_{заг} = m (z + 2)$.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (табл. 1.19).
Индивидуальное задание: «Подобрать зубчатые колеса гитар скорости главного движения, обкатки и вертикальной подач, необходимые для наладки станка на изготовление указанного в задании прямозубого цилиндрического колеса».
3. Схема зубофрезерования (выполняется с учетом типа колеса и направления витков фрезы, указанного в индивидуальном задании).
4. Расчеты, приведенные в п. 4 раздела «Порядок выполнения работы».

1.10. УСТРОЙСТВО И НАЗНАЧЕНИЕ ПЛОСКО-ШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА И ШЛИФОВАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Цель работы: знания назначения и устройства плоскошлифовального станка модели 3Г71, основ работы гидропривода станка, характеристик шлифовальных кругов и их маркировки; умения назначать режим шлифования плоскостей заготовок, расшифровывать маркировку шлифовальных кругов.

Общие сведения

Шлифованием называют вид абразивной обработки заготовок, при котором удаление припуска осуществляют путем микроцарапания и микроистирания обрабатываемой поверхности множеством абразивных зерен инструмента. Шлифование чаще всего используют на заключительном этапе технологического процесса, при чистовой обработке, но можно успешно применять этот метод обработки и для снятия больших припусков. Шлифованием можно получить точность размеров по 5–7 качеству и шероховатость обработанной поверхности с параметром Ra не менее 0,1 мкм.

Назначение и компоновка станка

Для осуществления шлифования применяют шлифовальные и заточные станки. В данной работе изучается устройство плоскошлифовального станка 3Г71 (рис. 1.46), предназначенного для шлифования на заготовках плоскостей, прямолинейных открытых пазов и уступов.

Основными частями станка являются станина 1 с вертикальной стойкой 9, поперечный стол (крестовый суппорт) 2, стол 3 и шлифовальная головка 7, несущая шпиндель со шлифовальным кругом 6. Станок оснащен насосной станцией 12 для подачи в зону обработки и очистки смазочно-охлаждающей жидкости.

Главным движением резания D_T на станке является вращение шпинделя. Движения продольной, поперечной и вертикальной подач осуществляют соответственно продольный стол 3 (D_{Snp}), поперечный стол 2 (D_{Snon}), шлифовальная головка 7 (D_{Ssepm}).

Вращение шпинделя производится от электродвигателя, вал которого напрямую соединен со шпинделем станка и вращается с постоянной частотой ($n = 2740$ об/мин). Поэтому скорость главного движения резания при использовании шлифовального круга определенного наружного диаметра является также постоянной.

Движения подач на станке можно выполнять вручную маховиками P_1 , P_2 и P_3 или автоматически с помощью гидравлического привода (гидропривода).

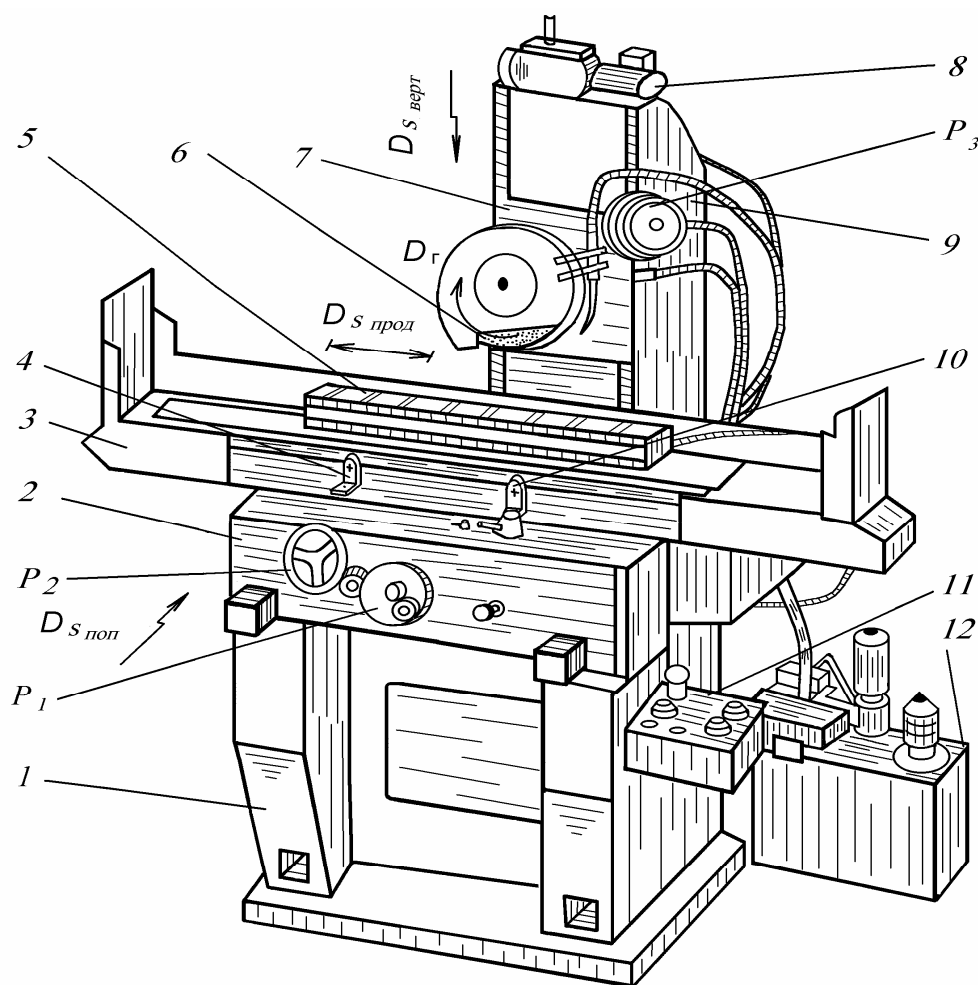


Рис. 1.46. Плоскошлифовальный станок модели 3Г71М

Гидропривод обеспечивает бесступенчатое изменение скоростей: возвратно-поступательного движения продольной подачи стола ($S_{np} = 5\text{--}20$ м/мин); прерывисто-поступательного движения поперечной подачи стола ($S_{nop} = 0,3\text{--}4,2$ мм/ход продольного стола); прерывистого поступательного движения вертикальной подачи шлифовальной головки ($S_{верт} = 0,005\text{--}0,05$ мм/ход). Направление перемещения продольного стола 3 изменяется автоматически от передвижных упоров 4 и 10, расстояние между которыми определяет длину хода стола.

Шлифовальная головка 7 снабжена приводом быстрого перемещения по вертикальным направляющим стойки 9. Это движение является вспомогательным и обеспечивается электродвигателем 8. Управление механизмами и системами станка осуществляют с помощью кнопок и рукояток, расположенных на пульте управления 11, крестовом суппорте 2 и шлифоваль-

ной головке 7. Заготовки устанавливают и закрепляют на магнитной плите 5 или с помощью других приспособлений, размещаемых на столе станка вместо магнитной плиты.

Устройство гидропривода станка

Гидравлический привод станка состоит из насоса, панели с управляющей, регулирующей и предохранительной гидроаппаратурой, бака с рабочей жидкостью (минеральным маслом), фильтров рабочей жидкости, гидродвигателя и маслопроводов.

Устройство, основы и особенности работы гидропривода плоскошлифовального станка рассмотрим на примере создания возвратно-поступательного движения подачи продольного стола. Схема этой части гидропривода представлена на рис. 1.47.

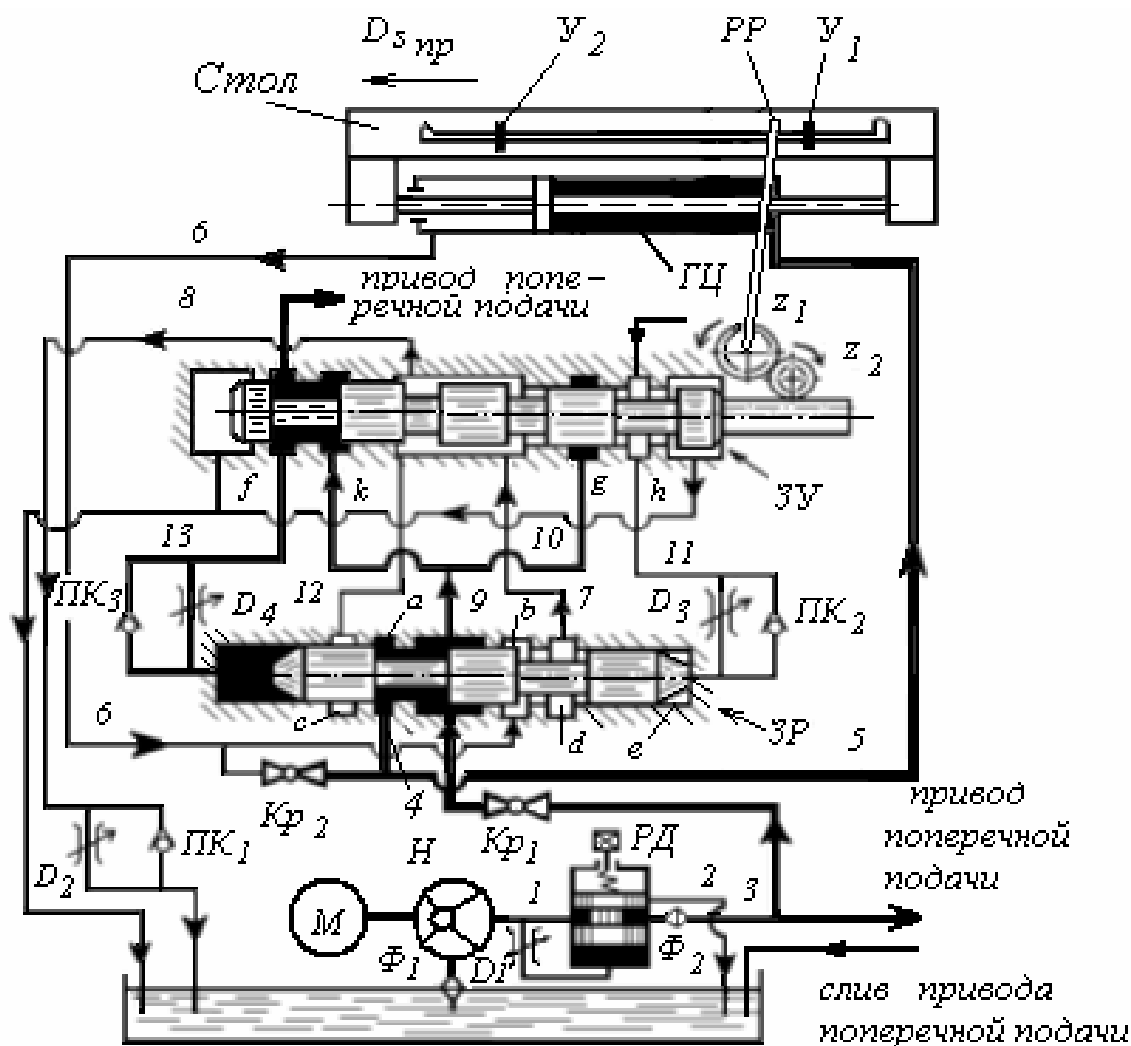


Рис. 1.47. Фрагмент схемы гидропривода плоскошлифовального станка

При включении электродвигателя М насос Н подает масло из бака через фильтр грубой очистки Ф1, трубопровод 1, регулятор давления РД и фильтр тонкой очистки Ф2 в гидросистему. Регулятор давления РД поддерживает в гидросистеме заданное давление. При его повышении плунжер регулятора перемещается вверх и часть масла через трубопровод 2 уходит на слив. При падении давления в системе плунжер регулятора РД перемещается вниз, закрывая проход масла из трубопровода 1 в трубопровод 3. Поступление масла в гидросистему прекращается. Рабочие органы станка, осуществлявшие движения подач, останавливаются.

Для обеспечения плавности работы регулятора $РД$ в систему встроен дроссель D_1 . Дроссель – это устройство с регулируемым поперечным сечением отверстия, позволяющее изменять объем протекающего через это отверстие масла.

При открытом кране Kp_1 и закрытом Kp_2 масло через трубопровод 3, кран KP_1 , среднюю расточку «а» золотника реверса $3P$, трубопроводы 4 и 5 попадает в правую полость рабочего гидроцилиндра ГЦ. Поршень гидроцилиндра начинает двигаться влево, сообщая поступательное движение столу станка. Из левой полости масло сливается в бак, проходя при этом через трубопровод 6, расточки «b» и «d» золотника реверса $3P$, трубопровод 7, среднюю полость золотника управления $3У$, трубопровод 8 и дроссель D_2 . С помощью дросселя D_2 регулируют скорость движения стола, что достигается изменением размера отверстия для прохода жидкости.

Движение стола в левую сторону будет продолжаться до тех пор, пока регулируемый упор $У_1$, закрепленный на столе станка, не набежит на рычаг реверса $РР$. Поворот рычага через зубчатые колеса z_1 и z_2 и зубчатую рейку, выполненную как одно целое с плунжером золотника управления $3У$, вызывает перемещение плунжера в крайнее левое положение. При этом проход для масла между расточками «f» и «k» золотника $3У$ закрывается и открывается проход между проточками «g» и «h».

Масло, поступающее под давлением к золотнику реверса $3P$ от насоса Н через трубопроводы 1 и 3, проходит через трубопроводы 9 и 10 и проточку «g» золотника управления $3У$ в открывшуюся проточку «h», трубопровод 11, дроссель D_3 и в правую полость «e» золотника реверса $3P$. Плунжер последнего под действием давления масла перемещается в край-

нее левое положение. В результате проход для масла, идущего от насоса, из центральной расточки золотника $ЗР$ в расточку «а» будет закрыт, а в расточку «b» – открыт. Кроме того, расточки «а» и «с» соединятся, «b» и «d» разъединятся.

При этом положении плунжера золотника реверса масло из бака будет поступать по магистрали « $\Phi_1 - Н - I - РД - \Phi_2 - 3$ – средняя расточка $ЗР$ – расточка «b» – трубопровод б» в левую полость гидроцилиндра $ГЦ$. Шток гидроцилиндра вместе со столом станка начнет перемещаться вправо. Масло из правой полости гидроцилиндра будет сливаться в бак через трубопроводы 5 и 4, расточки «а» и «с» золотника $ЗР$, трубопровод 12, центральную расточку $ЗУ$, трубопровод 8, дроссель D_2 .

Стол будет двигаться вправо до тех пор, пока закрепленный на нем регулируемый упор $У_2$ не повернет рычаг реверса $РР$, который через зубчатые колеса z_1 и z_2 и зубчатую рейку переместит плунжер золотника управления $ЗУ$ в крайнее правое положение. Далее весь цикл, описанный выше, повторится, а стол будет перемещаться влево.

Для продольного перемещения стола вручную маховиком P_2 (рис. 1.46), расположенном на крестовом суппорте, гидросистему отсоединяют от напорного трубопровода перекрытием крана Kp_1 . Одновременно с этим открывают кран Kp_2 , и при движении стола масло свободно переливается из одной полости гидроцилиндра в другую через трубопроводы 5 и 6. Поскольку насос $Н$ при закрытом кране Kp_1 продолжает работать, в трубопроводе 1 повышается давление. Плунжер регулятора давления $РД$ поднимается вверх, и масло через полость $РД$ и трубопровод 2 сливается в бак.

В гидросистеме станка установлены три предохранительных клапана $ПК_1$, $ПК_2$ и $ПК_3$. При повышении давления выше критического в трубопроводах (соответственно 8, 11 и 13) они пропускают часть масла в бак, обеспечивая стабильные условия работы системы и предотвращение аварии.

Характеристики и выбор шлифовального круга

Шлифовальный круг представляет собой твердое тело, в котором режущие абразивные зерна равномерно распределены по объему и соединены в едином объеме режущего инструмента с помощью связующего материала (связки). Кроме того, в круге имеются поры, формируемые при из-

готовлении инструмента. Они исполняют роль стружечных канавок на рабочей поверхности круга и каналов для подвода смазочно-охлаждающей жидкости через инструмент к зоне резания.

В зависимости от вида абразивного материала, размера абразивных зерен, материала связки, процентного соотношения зерен, связки и пор шлифовальные круги обладают различными эксплуатационными свойствами. Поэтому правильный выбор круга является необходимым условием для успешной обработки заготовок.

Характеристики шлифовального круга маркируют на одной из его поверхностей. В маркировке шифром указывают марку абразивного материала, зернистость, степень твердости, номер структуры, материал связки и класс точности круга. Отдельно от этих данных на круге маркируют завод-изготовитель, шифр формы и размеры круга, допускаемую окружную скорость и некоторые другие характеристики.

Материал абразивных зерен. Широко применяемыми абразивными материалами являются электрокорунды, основу которых составляет оксид алюминия (Al_2O_3), карбиды кремния (SiC), алмазы синтетические и кубический нитрид бора BN (КНБ).

Из электрокорундов наиболее известны следующие виды: электрокорунд нормальный с содержанием 92–95 % Al_2O_3 (марки 12А, 13А, 14А, 15А, 16А); электрокорунд белый с содержанием 97–99 % Al_2O_3 (марки 22А, 23А, 24А, 25А); электрокорунд хромистый (марки 32А, 33А, 34А); монокорунд (марки 43А, 44А, 45А).

Карбиды кремния могут быть двух видов: карбид кремния черный (марки 52С, 53С, 54С, 55С) и карбид кремния зеленый (62С, 63С, 64С). Алмазы синтетические в абразивном инструменте представлены следующими марками: АСО, АСР, АСВ, АСК, АСС, АСМ, АСН. Из кубического нитрида бора изготавливают зерна марок ЛО, ЛР, КО, КР.

Выбор абразивного материала определяется главным образом свойствами обрабатываемого материала и требованиями к обработанной поверхности. Электрокорунд нормальный применяют для шлифования углеродистых и конструкционных закаленных и незакаленных сталей. Для обработки тех же материалов, но с большей производительностью и с лучшим качеством обработанной поверхности, используют хромистый элек-

трокорунд. Из электрокорунда белого изготавливают круги для шлифования легированных сталей и заточки быстрорежущих инструментов. Монокорунд используют при обработке труднообрабатываемых сталей и сплавов.

Карбид кремния черный из-за достаточно высокой хрупкости применяют при шлифовании материалов с небольшим пределом прочности на разрыв (чугуны, цветные сплавы, бронзы, твердые сплавы вольфрамокобальтовой группы). Карбид кремния зеленый используют для обработки материалов высокой твердости, в частности для заточки инструментов из металлокерамических титановольфрамокобальтовых и титанотанталовольфрамокобальтовых твердых сплавов.

Синтетические алмазы нашли распространение при заточке (АСО и АСР) и доводке (АСМ) инструментов, оснащенных твердыми сплавами, при шлифовании стекла, керамики и других материалов, не содержащих углерод. Абразивные круги из КНБ применяют при чистовом шлифовании закаленных сталей, труднообрабатываемых и жаропрочных сталей и сплавов, при заточке (доводке) инструментов из быстрорежущих сталей.

Зернистость. Под «зернистостью» понимают размер абразивных зерен основной фракции. Этот размер указывают в маркировке круга числом, соответствующим: для шлифзерна – числу десятков микрометров (400, 315, 200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16); для шлифпорошков – числу десятков микрометров (12, 10, 8, 6, 5, 4, 3); для микропорошков – числу микрометров (М63, М50, М40, М28, М20, М14); для тонких микропорошков – числу микрометров (М10, М7, М5, М3, М2, М1). Зернистость алмазных и эльборовых кругов указывают в виде дроби, в которой числитель соответствует наибольшему размеру, а знаменатель – наименьшему размеру зерен порошка в микрометрах.

Для чернового шлифования рекомендуется выбирать шлифовальные круги зернистостью 80–20, что обеспечивает шероховатость обработанной поверхности в диапазоне Ra от 6,3 до 1,6 мкм. Для чистового шлифования с шероховатостью обработанной поверхности Ra от 0,8 до 0,2 мкм выбирают круги зернистостью 10–5. Для алмазных кругов и кругов из КНБ можно использовать абразивные зерна от 200 ($Ra = 1,6$ мкм) до 40 ($Ra = 0,16$ мкм).

Твердость круга. Этот параметр характеризует способность связки удерживать абразивные зерна круга от вырывания их с рабочей поверхности в процессе резания под действием внешних сил. По степени твердости различают круги: мягкие (М1, М2, М3); среднемягкие (СМ1, СМ2); средние (С1, С2); среднетвердые (СТ1, СТ2, СТ3); твердые (Т1, Т2); весьма твердые (ВТ1, ВТ2) и чрезвычайно твердые (ЧТ1, ЧТ2). Круг относят к мягким, если его зерна относительно легко вырываются из связки и, наоборот – к твердым, если зерна прочно удерживаются связкой.

При выборе твердости круга учитывают следующее основное правило: чем тверже обрабатываемый материал, тем мягче должен быть круг. Исключением являются весьма мягкие и вязкие материалы и сплавы (алюминий, медь, свинец, латунь и др.). Их лучше обрабатывать мягкими кругами (М1, М2, М3). Эти же круги используют при заточке быстрорежущих и твердосплавных инструментов. Круги среднемягкие и средней твердости (СМ1, СМ2, С1, С2) применяют для чистового шлифования закаленных сталей. Круги средней твердости (С1, С2, СТ1, СТ2, СТ3) находят применение при отрезке, предварительном шлифовании незакаленных сталей, чугунов, бронз. Для выполнения обдирочных операций, прорезки канавок, пазов в незакаленных сталях, чугунах и бронзах рекомендуют круги твердостью от СТ1 до Т2.

Структура абразивного инструмента. Процентное соотношение между объемами абразивных зерен, материала связки и пор в теле круга регламентируется номером структуры. С увеличением номера структуры уменьшается процентное содержание зерен и увеличивается доля объема, приходящаяся на поры. Различают плотные (1–4), средние (5–8), открытые (9–12) и высокопористые (13–18) структуры. Чем выше номер структуры, тем меньше режущих абразивных зерен находится на рабочей поверхности круга, но тем лучше условия для размещения стружки в порах круга и проникновения через них к зоне резания смазочно-охлаждающей жидкости при подводе ее через тело круга.

Выбор структуры круга зависит от вида шлифования и характера обрабатываемой поверхности. Плотные структуры используют при отрезке, шлифовании с большими и переменными нагрузками, при шлифовании сложных профильных поверхностей. При круглом и плоском шлифовании,

заточке инструментов из инструментальных сталей выбирают средние структуры. Для шлифования с большими припусками (резьбо-, зубо- и шлицефрезерование, глубинное шлифование), а также для заточки инструментов из металлокерамических твердых сплавов используют круги с открытыми и даже высокопористыми структурами.

У алмазных кругов и кругов из КНБ структуру определяют относительной процентной концентрацией (25, 50, 75, 100, 125, 150 %), которая характеризует долю объема абразивного слоя круга, занимаемую алмазными зернами или зернами КНБ. Например, под стопроцентной концентрацией (100) понимают, что абразивные зерна занимают 25 % объема алмазосодержащего слоя круга, а остальной объем приходится на связку, поры и наполнители.

Связка существенно влияет на прочность круга, допустимую скорость резания, производительность процесса шлифования и качество обработанной поверхности. Связки делят на органические и неорганические. Из последних наибольшее распространение получили керамические связки (К, от К1 до К10). Для изготовления алмазных и эльборовых кругов чаще всего используют металлические связки (М, МС, М1, М2, М3, М4, М5, М6). Они состоят из композиции порошков меди, олова, железа, алюминия, цинка. Эти связки достаточно прочны и позволяют работать с окружными скоростями до 70 м/с.

Из органических связок наиболее распространены вулканитовые (В, В1, В2, В3, В4, В5), состоящие из каучука и серы; бакелитовые (Б, Б1, Б2, Б3, Б4) и глифталевые (ГФ), изготавливаемые на основе искусственных смол.

Керамические связки используют при всех видах шлифовальных работ, кроме обдирки, разрезки, прорезки узких пазов. Эти круги не боятся влаги, достаточно дешевы, но обладают большой хрупкостью и боятся ударов. Допустимые скорости резания такими кругами не превышают 60 м/с.

Органические связки прочнее керамических и служат при изготовлении кругов, предназначенных для следующих видов работ: вулканитовые – для отрезки, прорезки пазов, фасонного и доводочного шлифования

($v \leq 80$ м/с), бакелитовые – для обдирочного и силового шлифования, отрезки, заточки твердосплавных инструментов ($v \leq 70$ м/с); глифталевые – для отделочного шлифования и доводки ($v \leq 50$ м/с).

Выбор параметров режима плоского шлифования

Скорость главного движения резания при шлифовании v (м/с) определяют по формуле:

$$v = \pi D_{кр} n / (1000 \cdot 60), \quad (1.40)$$

где $D_{кр}$ – наружный диаметр шлифовального круга, мм; n – частота вращения шпинделя станка, об/мин.

Значение продольной подачи выбирают в пределах $S_{np} = 5\text{--}20$ м/мин. Поперечную подачу S_{non} при черновом шлифовании устанавливают равной $0,3\text{--}0,7 H_{кр}$ (достигаемая шероховатость обработанной поверхности при этом составляет $Ra = 1,6\text{--}6,3$ мкм), а при чистовом шлифовании – от $0,2$ до $0,3 H_{кр}$ (достигаемая шероховатость обработанной поверхности при этом составляет $Ra = 0,8\text{--}0,2$ мкм), где $H_{кр}$ – высота шлифовального круга, мм.

При снятии припуска z , мм, превышающего допустимую глубину резания t , шлифование проводят за несколько рабочих ходов. Одним рабочим ходом называют одноразовое шлифование всей плоскости с глубиной резания t . Число ходов i определяют по формуле $i = z/t$, округляя результат в большую сторону до целого числа. Глубину резания при черновом шлифовании назначают в пределах $0,02\text{--}0,15$ мм. При чистовом шлифовании глубина резания значительно меньше, ее принимают в диапазоне значений от $0,005$ до $0,02$ мм.

Основное время при плоском шлифовании одной заготовки τ_0 , мин, вычисляют по формуле

$$\tau_0 = \frac{L \times B}{1000 \times S_{np} \times S_{non}} \times i, \quad (1.41)$$

где L – длина продольного хода стола, мм; B – ширина шлифования, мм. При шлифовании одной заготовки $L = \ell + 2y$, $B = b + H_{кр} + 5$, где ℓ – длина заготовки, мм; $y = 20\text{--}30$ мм – длина перебега стола; b – ширина заготовки, мм.

Если шлифование заготовки выполняют за два перехода (черновой и чистовой), осуществляемые при разных режимах резания, то основное время τ_0 определяют как сумму времени, затрачиваемого на черновое и на чистовое шлифование.

Содержание работы

Работа включает: изучение устройства и назначения плоскошлифовального станка модели 3Г71, характеристик шлифовальных кругов, параметров режима шлифования и основ их выбора для конкретных условий работы; выбор шлифовального круга, назначение элементов режима плоского шлифования для обработки заготовки в соответствии с индивидуальным заданием, подготовку отчета.

Порядок проведения работы

1. Изучите устройство станка и схему гидропривода продольной подачи стола.

2. Проследите за шлифованием заготовки учебным мастером и определите по эталонам шероховатость обрабатываемой и обработанной поверхностей.

3. Изучите характеристики шлифовальных кругов. По заданию преподавателя расшифруйте марку одного из кругов, расположенных на демонстрационном стенде. Определите его назначение.

4. Получите индивидуальное задание (табл. 1.20) и выполните следующие работы.

4.1. Определите вид шлифования (черновое или чистовое), рассчитайте скорость главного движения резания v , выберите глубину резания t и поперечную подачу $S_{поп}$. Продольную подачу $S_{пр}$ и высоту круга $H_{кр}$ задает преподаватель.

4.2. Рассчитайте основное время на шлифование заготовки τ_0 .

4.3. Выберите шлифовальный круг согласно заданию и запишите шифром его характеристики.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Эскиз шлифовального круга (по заданию преподавателя), расшифровка его маркировки, область применения.
3. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (табл. 1.20).

Индивидуальное задание: «Назначить параметры режима плоского шлифования и характеристики шлифовального круга на основе расчетов и выбора из указанных в пособии данных».

Таблица 1.20

Индивидуальные задания

Номер задания	Диаметр круга D , мм	Размеры обрабатываемой плоскости $L \times B$, мм ²	Припуск, z , мм	Ra , мкм	Материал и твердость заготовки
1	150	130×65	0,25	3,2	Сталь 45, HB 2200
2	190	400×125	0,30	6,3	СЧ 30
3	160	75×75	0,15	1,6	9XC, HRC ₃ 60
4	260	350×110	0,25	6,3	P12, HRC ₃ 66
5	120	50×30	0,02	0,2	T15K6, HRA 90
6	160	100×50	0,18	1,6	Бр.АМц10-2
7	170	170×80	0,08	0,8	АЛ1, HB 950
8	270	360×60	0,20	1,6	P9K5, HRC ₃ 65
9	130	80×70	0,04	0,4	KЧ37-12
10	170	250×100	0,25	3,2	У10А, HRC ₃ 60
11	210	130×60	0,03	0,2	ВК8, HRA 88
12	180	210×100	0,25	3,2	08X18H10T, HB1900

4. Выбор и расчет параметров режима шлифования по индивидуальному заданию в последовательности, указанной в п. 4 раздела «Порядок проведения работы».

5. Сведения о шероховатости поверхности заготовки до и после шлифования, определенные при демонстрации работы станка.

1.11. ГИБКИЙ ТОКАРНЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МОДУЛЬ МОДЕЛИ 16A20Ф3 M132

Цель работы: знания назначения и устройства гибкого токарного производственного модуля модели 16A20Ф3 M132, основ работы числового программного управления модулем; умения находить составные части модуля, давать характеристику их работы и по заданной траектории движения режущего инструмента при изготовлении детали методом точения определять оперативное время на обработку.

Общие сведения

В повышении эффективности производства, улучшении качества продукции и условий труда рабочего особая роль отводится комплексной автоматизации производственных процессов. Для единичного и мелкосерийного производств высшая степень автоматизации достигается в условиях работы гибкого автоматического производства (ГАП). ГАП – производственная единица (линия, участок, цех, завод), функционирующая на основе безлюдной технологии. Работа всех производственных ячеек ГАП координируется многоуровневой системой управления, обеспечивающей быструю смену технологии изготовления изделия при замене объекта производства.

ГАП имеет в своём составе гибкие производственные модули (ГПМ), представляющие собой производственные комплексы, каждый из которых состоит из технологического оборудования, промышленного робота и ряда других обслуживающих устройств. ГПМ может работать в составе ГАП с централизованным управлением от общей ЭВМ либо автономно – по самостоятельной управляющей программе.

Гибкий токарный производственный модуль 16A20Ф3 M132 предназначен для выполнения всех видов токарных работ на штучных заготовках с диаметрами до 250 мм и длинами до 500 мм. Его используют в мелкосерийном и единичном производствах, обеспечивая в этих условиях быструю переналадку с изготовления одного изделия на другое с помощью рабочего-наладчика или по командам управляющей ЭВМ.

Состав и устройство гибкого токарного модуля (ГТМ)

Гибкий токарный модуль 16А20ФЗ М132 является технологическим комплексом, состоящим из токарного станка 1 модели 16А20ФЗ, промышленного робота 5, тактового стола 6, управляющих стоек 2 и 3 (для станка и робота), электрошкафа тактового стола 7 (рис. 1.48). На стойке 3 находится пульт 4 управления движениями робота 5. Станок 1, робот 5 и тактовый стол 6 гибкого модуля имеют устройства числового программного управления (ЧПУ).

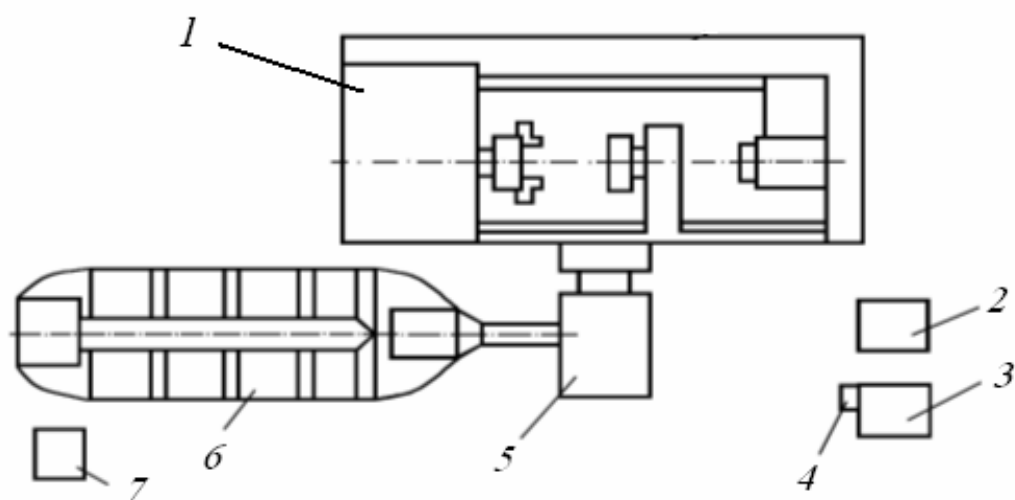


Рис. 1.48. Гибкий токарный производственный модуль модели 16А20ФЗ М132

Управление технологическим оборудованием с ЧПУ осуществляется от программноносителя, на который в закодированном виде записывают управляющую программу. Программа представляет собой последовательность команд, обеспечивающих выполнение заданного алгоритма функционирования оборудования в целом и отдельных его элементов.

Для обозначения станков с ЧПУ к основному цифровому индексу модели станка добавляется один из следующих индексов: Ф2, Ф3, Ф4. Различие в индексе моделей станков характеризует различие систем ЧПУ по типу управления движениями рабочих органов. Индекс Ф2 присваивается позиционным системам ЧПУ, индекс Ф3 – контурным, а индекс Ф4 – комбинированным системам ЧПУ.

Позиционные системы ЧПУ (Ф2) обеспечивают поочередное перемещение рабочих органов станка по направляющим из одной позиции в

другую согласно заданным в программе координатам позиций. Такие системы применяют главным образом на расточных и сверлильных станках, для которых наиболее характерна работа по схеме: позиционирование рабочего узла (перемещение в заданную позицию) – рабочий цикл.

Контурные системы ЧПУ (Ф3) предназначены для одновременного согласованного управления скоростями и направлениями движений по направляющим двух или нескольких рабочих органов станка. Благодаря такому управлению инструмент можно перемещать по криволинейной траектории относительно заготовки, что необходимо при обработке сложных фасонных поверхностей. При этом выдерживается постоянная по контуру скорость движения рабочего органа станка. Контурная скорость есть геометрическая сумма продольной и поперечной подач в каждой точке контура. Контурными системами ЧПУ оснащают в первую очередь токарные и фрезерные станки. Такая система управления использована на станке 16А20Ф3.

Комбинированные, контурно-позиционные системы ЧПУ (индекс Ф4) по своим технологическим возможностям аналогичны контурным системам. Используют эти системы на расточных и многооперационных станках с целью расширения технологических возможностей последних.

Структурные части гибкого токарного модуля работают согласованно по единой управляющей программе, состоящей из блоков подпрограмм для тактового стола, робота и станка. Каждый блок подпрограммы вступает в действие после сигнала о выполнении своей части программы предыдущим элементом ГПМ. Модуль выполняет без участия оператора весь автоматический цикл обработки заготовки: перенос ее с тактового стола на станок, обработку и возвращение детали на тактовый стол после завершения технологической операции. Далее тактовый стол автоматически подает в рабочую зону робота следующую заготовку. Затем цикл повторяется.

Исходной информацией для составления управляющей программы служит технологический эскиз заготовки с указанием размеров ее поверхностей до и после обработки, требуемых точности размеров и шероховатостей обработанных поверхностей. Составлению управляющей программы должна предшествовать разработка технологической операции, состоящая в выборе способа закрепления заготовки, назначении технологических переходов, назначении для каждого из переходов режущих инструментов, расче-

та траектории движения каждого инструмента, *опорных точек* на этой траектории, скоростей движения инструмента и заготовки на пути между соседними опорными точками.

Опорными точками траектории режущего инструмента называют точки, в которых должны изменяться направление движения либо форма траектории движения, либо скорость одного или обоих рабочих движений. Эти точки на траектории на технологическом эскизе обозначают в соответствии с последовательностью движения инструмента арабскими цифрами, начиная с цифры «0» (рис. 1.49).

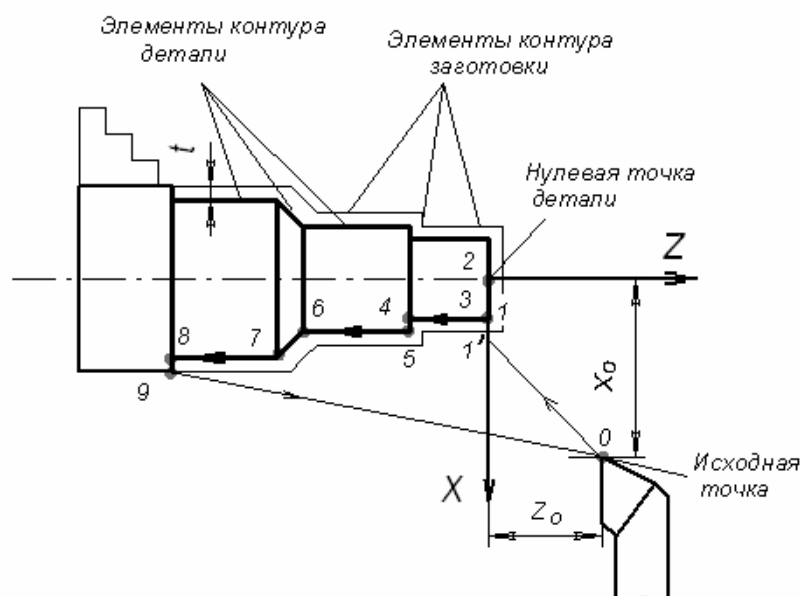


Рис. 1.49. Схема расположения опорных точек траектории движения резца

Для отсчета перемещений рабочих органов на станке принята система декартовых координат X , Y , Z с началом в точке, называемой «нуль станка». Для удобства программирования конкретной технологической операции начало координат в управляющей программе отождествляют с обработанным торцом заготовки, называя эту точку на оси Z «нулем детали». Ось Z совмещают с осью шпинделя, а ось X направляют от центра заготовки по радиусу. Для начала обработки инструмент перемещают в исходную точку, от которой далее и начинается расчет его перемещений по траектории движения подачи. На технологических эскизах индивидуальных заданий эта точка обозначена цифрой «0».

Устройство токарного станка модели 16А20ФЗ

Токарный станок 16А20ФЗ имеет традиционную для токарных станков компоновку (рис. 1.50). Он состоит из основания 1, станины 2, шпиндельной бабки 4, задней бабки 11, суппорта 9 с поперечной кареткой 8 и восьмипозиционной револьверной головкой 7. Основание 1 станка, где смонтирована станина 2, оборудовано продольным конвейером 14, транспортирующим стружку. На этом же основании установлен промышленный робот.

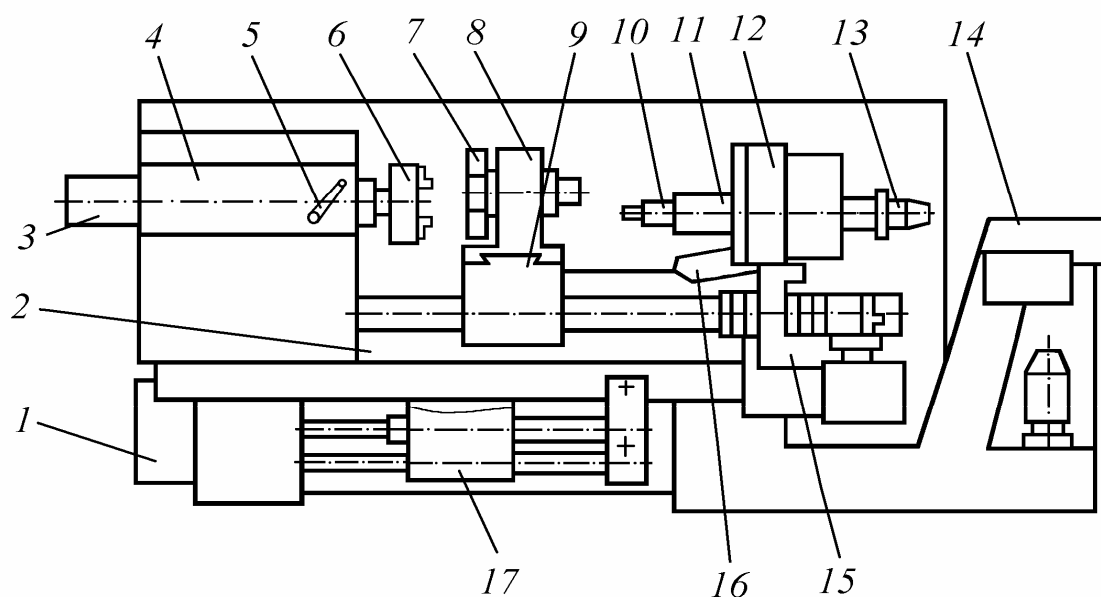


Рис. 1.50. Токарный станок модели 16А20ФЗ

Заготовку закрепляют в патроне 6, снабженном электромеханическим приводом зажима 3, или в патроне 6 с поджимом задним центром пиноли 10 задней бабки, имеющей электромеханический привод осевого перемещения 13. Движение пиноли 10 осуществляют в автоматическом режиме по сигналу от системы управления промышленного робота или при нажатии ножной педали при установке заготовки вручную без участия робота.

Шпиндель станка приводится во вращение двигателем постоянного тока через коробку скоростей, которая обеспечивает три диапазона частот вращения (20–345, 60–1000, 145–2500 об/мин). Переключение диапазонов частот осуществляется по сигналу управляющей программы или вручную рукояткой 5. В пределах каждого диапазона частоту вращения шпинделя

можно изменять бесступенчато.

Продольное и поперечное перемещения суппорта 9 и каретки 8 (ускоренные и рабочие движения подачи) осуществляют от автономных исполнительных электродвигателей через передачи качения типа «винт – гайка». Поддачи изменяют бесступенчато в диапазоне 0,5–30 мм/мин по командам управляющей программы.

Пульт управления станком и устройством ЧПУ 12 установлен на поворотной стойке 15, закрепленной на основании станка. На пульте имеются универсальная клавиатура 16 с латинским шрифтом, цифровая клавиатура, а также ряд клавиш для запуска управляющей программы и включения отдельных систем и механизмов станка. Пульт предназначен также для ввода и корректировки управляющей программы, изменения рабочих характеристик станка, размерных и скоростных ограничений на выполнение конкретных технологических переходов и для включения и выключения механизмов станка (поворота револьверной головки, зажима и разжима заготовки, выдвижения пиноли).

На рис. 1.51 представлена схема управления движением суппорта по направляющим станины (движение продольной подачи).

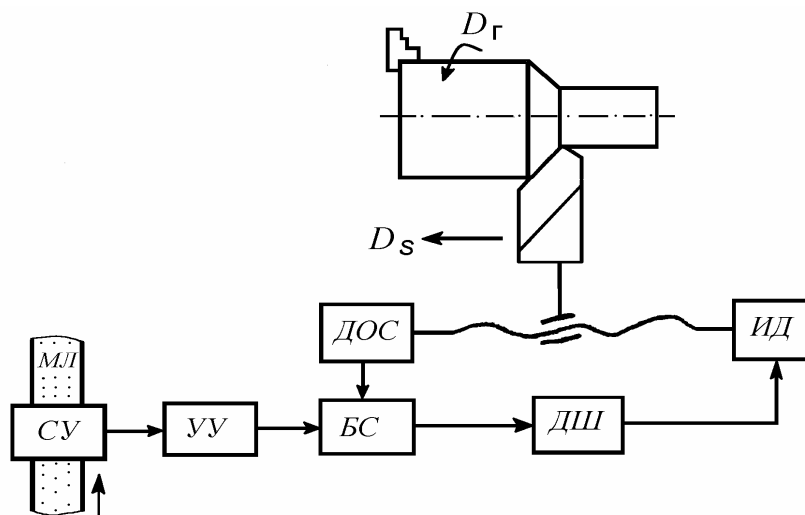


Рис. 1.51. Схема управления продольным движением суппорта станка модели 16A20Ф3

Сигналы с магнитной ленты *МЛ* через считывающее устройство *СУ* поступают в устройство управления *УУ*, а затем через блок сравнения *БС*, дешифратор и усилитель *ДШ* к исполнительному двигателю *ИД*. Датчик

обратной связи *ДОС* измеряет действительное перемещение рабочего органа и направляет сигнал в блок сравнения *БС*.

В этом блоке сигналы обратной связи сопоставляются с сигналами от устройства *СУ*. При расхождении сигналов на выходе из блока *БС* появляется сигнал, который через усилитель *ДУ* направляют к исполнительному двигателю *ИД*. Соответственно этому сигналу происходит перемещение рабочего органа в нужном направлении. Как только рассогласование исчезает, сигналы на выходе блока *БС* прекращаются.

Управление движениями других исполнительных узлов станка 16А20Ф3 осуществляют по аналогичным схемам.

Назначение, устройство и система управления промышленного робота М10П6201

Входящий в состав ГТМ промышленный робот М10П6201 является автоматической многодвигательной машиной (манипулятором), снабженной ЧПУ. Робот выполняет двигательные функции, аналогичные функциям руки человека: перенос заготовки с тактового стола на станок, установку заготовки в патрон, возвращение обработанной заготовки на тактовый стол, переустановку заготовки в патроне. Робот снабжен захватным устройством.

Основными частями робота являются: основание 1, закрепляемое на станине станка; узел 2 поворотов «руки»; блок 3 поворота устройства захвата 4; каретка 5 поступательного перемещения захвата (рис. 1.52). Захват заготовки 4 робота обладает шестью степенями свободы перемещения: четыре степени свободы обеспечиваются поворотом захвата по координатным направлениям A , B , C , α и две – поступательными перемещениями вдоль осей Y , Z .

Повороты по координатным направлениям A , B , C и перемещения «руки» робота по осям Y , Z осуществляют автономными приводами с электродвигателями 6, 7 постоянного тока. Для поворотов «руки» (по углу α) предусмотрены пневмодвигатель и фиксатор угловых положений устройства захвата через каждые 90° . На виде сверху (см. рис. 1.52, б) узел 2 поворотов «руки» робота повернут на 90° .

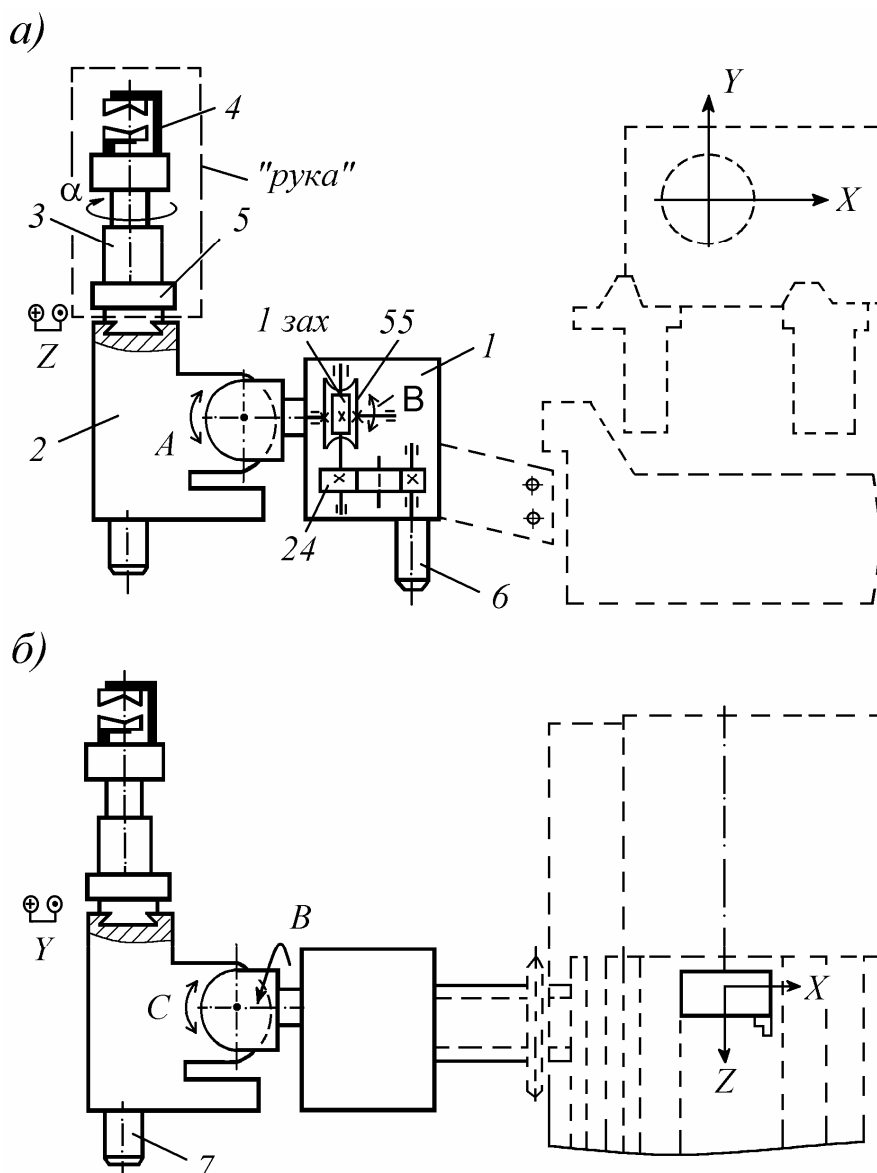


Рис. 1.52. Промышленный робот модели M10П6201

Система управления роботом содержит устройство формирования команд, устройство ввода программы и пульт ручного управления. Устройство формирования команд управляет приводами манипулятора и вырабатывает команды управления пинолью задней бабки, патроном, защитным ограждением токарного станка и перемещением тактового стола.

Управление роботом возможно в трех режимах: «обучение», «повторение», «редактирование». При режиме «обучение» робот по командам оператора с пульта управления занимает нужную позицию, а данные об этой позиции автоматически вводятся в память устройства ЧПУ. На этом же этапе оператор вводит в память данные о скорости перемещений и по-

следовательности выполнения функций захвата заготовки, перемещений пиноли станка, зажима и разжима патрона, подвода и отвода защитного ограждения станка. Режим «повторение» используют для работы робота при многократном выполнении заданной технологической операции. Режим «редактирование» предусмотрен для возможности исправления, замены или ввода новых данных в управляющую программу робота.

Содержание работы

Работа включает: изучение устройства и назначения гибкого токарного производственного модуля 16A20Ф3 M132 и его составных частей, рассмотрение последовательности работы частей модуля и разработку траектории движения резца при изготовлении конкретной детали, определение технико-экономических параметров обработки: режима резания для каждого из участков заготовки и времени на цикл работы резца в соответствии с индивидуальным заданием; подготовку отчета.

Порядок проведения работы

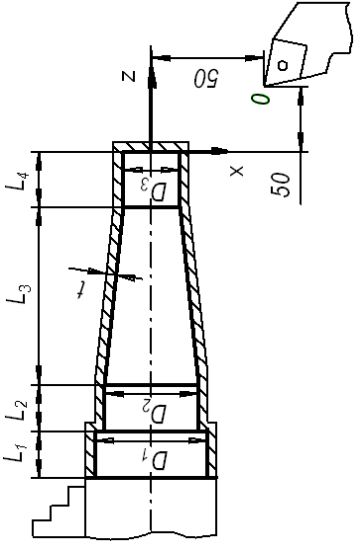
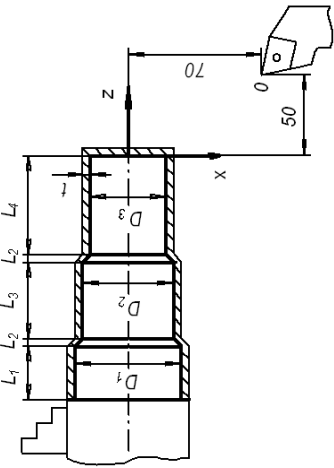
1. Изучите назначение и устройство гибкого токарного модуля.
2. Проследите за демонстрацией учебным мастером работы модуля в режимах «обучение» и «повторение».
3. Получите индивидуальное задание (табл. 1.21) для определения времени на обработку заготовки на гибком токарном модуле и выполните по нему следующие действия.
 - 3.1. Составьте и опишите последовательность работы частей гибкого токарного модуля в течение цикла изготовления детали.
 - 3.2. Нарисуйте схему обработки заготовки с указанием траектории движения резца, опорных точек траектории и направлений движений подачи на каждом из участков заготовки.
 - 3.3. Рассчитайте для каждого обрабатываемого участка заготовки частоту вращения шпинделя, об/мин, по формуле

$$n_i = 1000 \vartheta / \pi D_i, \quad (1.42)$$

где D_i – диаметр i -го участка заготовки.

Таблица 1.21

Индивидуальные задания

№ пп	Эскиз детали с припусками на обработку	Размеры детали, мм							При- пуск, z, мм	Элементы режима резания	
		D_1	D_2	D_3	L_1	L_2	L_3	L_4		ϑ , м/мин	S_b , мм/об
1		50	40	20	20	20	100	20	1,0	100	0,4
2		50	35	20	40	10	20	10	2,0	40	0,6
3		50	45	10	20	10	20	5	1,5	40	1,0
4		80	60	30	30	15	80	10	0,5	50	0,3
5		40	20	18	30	10	100	10	1,0	60	0,5
6		50	40	30	20	5	20	30	1,0	30	0,3
7		80	55	50	5	8	30	10	1,5	40	0,6
8		70	60	20	10	10	20	35	1,2	80	0,1
9		40	20	15	10	5	15	10	2,0	70	0,2
10		100	90	50	30	2	20	5	1,0	50	0,1

3.4. Определите минутную подачу, мм/мин, для каждого из участков обработки $S_{mi} = S_0 \cdot n_i$; для конических участков заготовки по значению контурной подачи S_0 рассчитайте значения продольной и поперечной подачи.

3.5. Вычислите основное τ_{oi} или вспомогательное $\tau_{вспi}$ время для каждого из участков траектории движения резца по формуле

$$\tau_i = L_i / S_{mi}.$$

На участках подвода и отвода резца примите следующие значения подач: продольной – 2000 мм/мин; поперечной – 1000 мм/мин.

3.6. Представьте полученные данные в форме табл. 1.22.

3.6. Рассчитайте машинное время обработки заготовки

$$\tau_m = \Sigma \tau_{oi} + \Sigma \tau_{вспi}. \quad (1.43)$$

Таблица 1.22

Расчетные характеристики обработки

Участок траектории	L_i , мм	Контурная подача, S_0 , мм/об	n_i , об/мин	Минутная подача, мм/мин		τ_{oi} , мин	$\tau_{вспi}$, мин
				$S_{np i}$	$S_{non i}$		
0–1							
1–2							
...							

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания.

Индивидуальное задание: «Установить и записать последовательность работы частей токарного производственного модуля при изготовлении детали (по заданию), установить и нарисовать траекторию движения резца, рассчитать по каждому участку обработки заготовки значения элементов режима резания, основное или вспомогательное время».

3. Эскиз обработки заготовки в соответствии с индивидуальным заданием по табл. 1.21.

4. Последовательность работы частей гибкого токарного модуля (ГТМ) при обработке заготовки (по форме табл. 1.23).

Таблица 1.23

Последовательность работы частей ГТМ

№ пп	Часть ГТМ	Выполняемое действие
1		
2		

5. Технологический эскиз траектории движения резца с указанием опорных точек траектории (по форме рис. 1.49).

6. Расчеты, схемы и таблицы, указанные в п. 3 раздела «Порядок проведения работы».

1.12. НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО СТАНКА МОДЕЛИ 57М

Цель работы: знания назначения и устройства электроискрового станка модели 57М, технологии прошивания отверстий, достижимой точности и шероховатости получаемых поверхностей; умение рассчитывать технологические характеристики электроискрового прошивания отверстий.

Общие сведения

Электроискровой станок модели 57М предназначен для получения полостей и отверстий в заготовках из материалов, проводящих электрический ток. Целесообразнее всего использовать станок при обработке металлокерамических твёрдых сплавов, труднообрабатываемых металлов и их сплавов.

На станке можно выполнять такие операции, как прорезание узких пазов шириной от 0,05 мм и более, вырезание профильных заготовок из листового материала, разрезание пластинок из твердых сплавов, получение отверстий относительно большого диаметра методом кольцевой прошивки, одновременное прошивание нескольких отверстий. Наибольшие размеры обрабатываемых заготовок: высота 25 мм, ширина 80 мм и

длина 100 мм. На чистовых режимах обработки точность получаемых размеров соответствует 8–10 квалитету точности, а наименьшая высота неровностей обработанных поверхностей по параметру Ra не превышает 1,25 мкм.

Устройство и принцип работы станка

Станок 57М (рис. 1.53) состоит из корпуса 1, в котором расположено электрооборудование, и рабочей головки, установленной на верхней плите корпуса. На передней панели корпуса расположены переключатель режима работы 2, потенциометр для настройки автоматического регулятора движения подачи 4, тумблер 5 для включения и выключения станка и тумблер 3 автоматического подъема и опускания электрода–инструмента 7.

Основными узлами рабочей головки являются: шестигранная колонка 14, каретка 10, продольный 9 и поперечный 16 суппорты, электродвигатель 11, стол 18 и ванна 6, заполняемая диэлектрической жидкостью. Колонка 14 неподвижно закреплена на верхней плите корпуса 1. По ней вверх и вниз перемещается каретка 10 при помощи винта, находящегося в отверстии колонки, и гайки, прикрепленной к каретке. Винт приводится во вращение электродвигателем постоянного тока 11 через зубчатые колеса 12 и 13.

Поперечный 16 и продольный 9 суппорты передвигают по каретке вручную с помощью рукояток P_1 и P_2 . Эти движения суппортов позволяют устанавливать закреплённый на электрододержателе 8 электрод–инструмент 7 в заданное положение относительно рабочего стола 18, на котором закрепляют заготовку. Для контроля величины смещения электрода–инструмента при установочных перемещениях суппортов служат два индикатора 15.

На колонке 14 с помощью двух лап 17 неподвижно закреплён стол 18. Ванну 6 с диэлектрической жидкостью (минеральное масло или керосин) можно поднять и закрепить на колонке 14 с помощью рукоятки таким образом, что заготовка вместе со столом будет полностью погружена в жидкость.

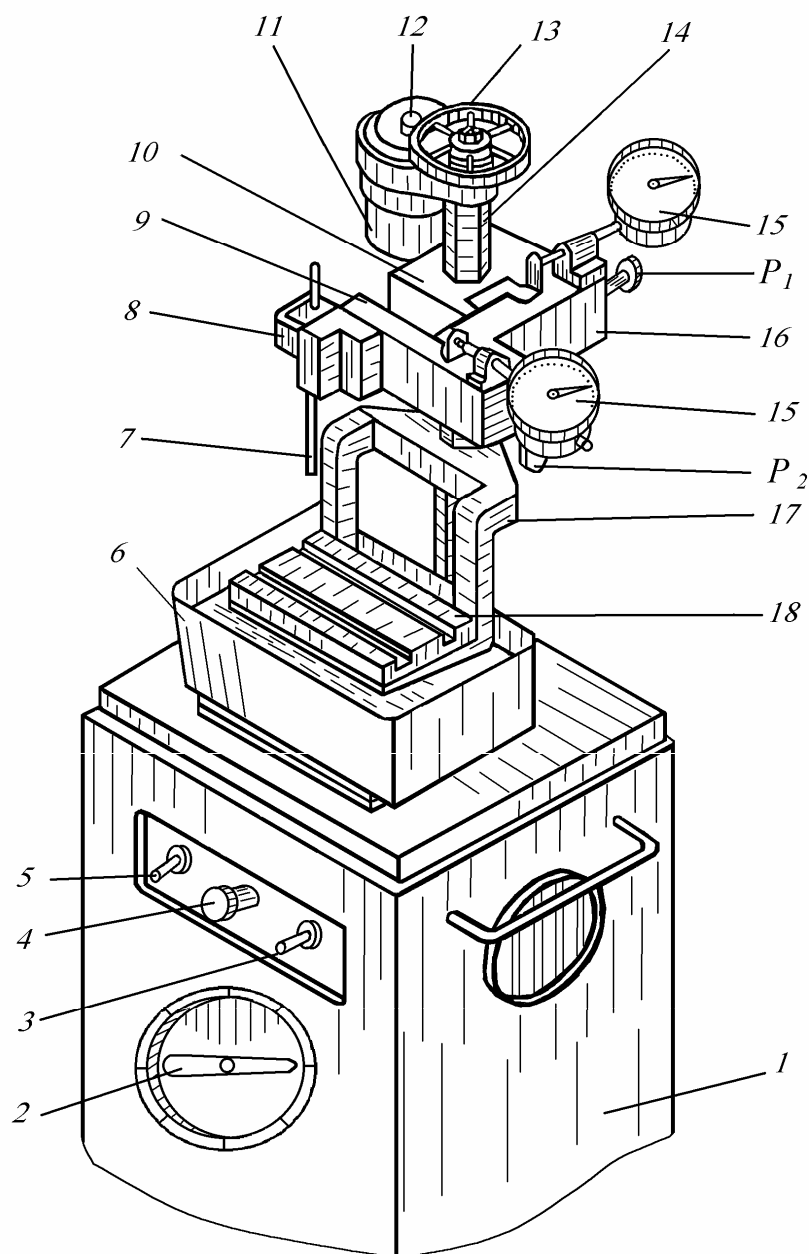


Рис. 1.53. Электроискровой станок модели 57М

Процесс электроискровой обработки основан на явлении электрической эрозии, возникающей при прохождении часто повторяющихся электрических разрядов между электродом-инструментом и заготовкой. Длительность, мощность и частота следования разрядов определяют производительность и точность обработки. На станке значения этих величин можно регулировать в достаточно широких пределах.

Разряды, необходимые для электроискровой обработки, создаются генератором электрических импульсов станка, который состоит из батареи конденсаторов различной емкости, заряжаемых постоянным током. По-

этому энергия импульса может быть заранее задана путем включения необходимого конденсатора или их набора. Напряжение заряда конденсаторов U равно 250 В.

Электрод–инструмент при работе станка нижним концом погружают в диэлектрическую жидкость (рис. 1.54, *a*), находящуюся в ванне. В этом положении он совершает поступательное движение в направлении электрода–заготовки 2, неподвижно закрепленной на столе станка. Движение электроду–инструменту 1 сообщают двигателем постоянного тока 3 через зубчатую передачу 4 и винтовой механизм 5.

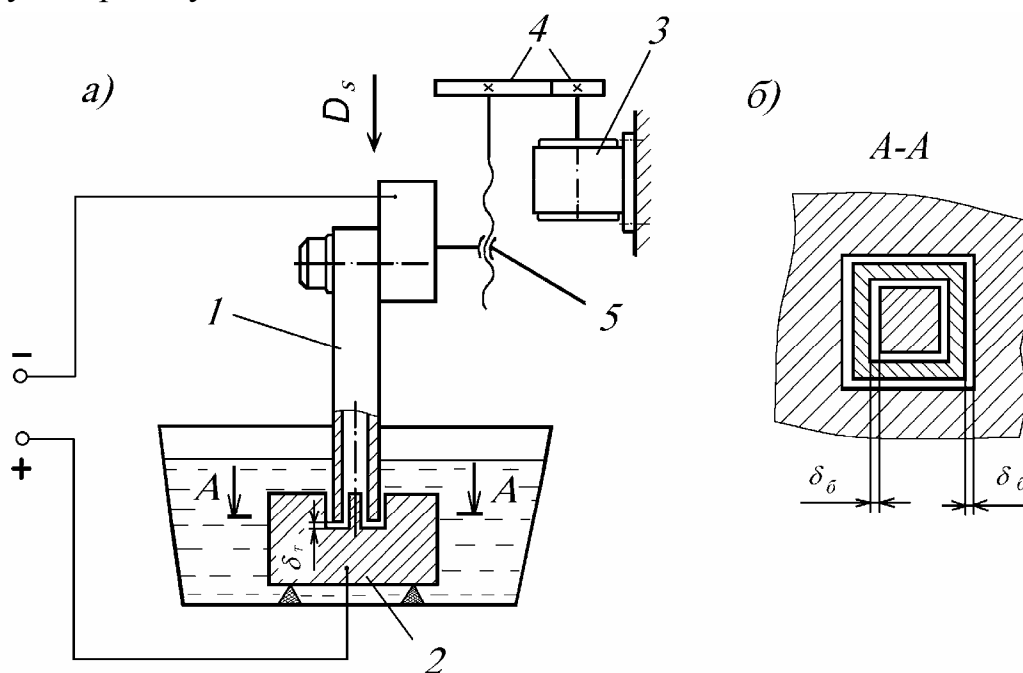


Рис. 1.54. Схема электроэрозионного прошивания отверстия

Когда зазор $\delta_{\text{г}}$ становится меньше предельного, между сближающимися электродом–инструментом и заготовкой происходит искровой разряд длительностью 10^{-6} – 10^{-7} с. Так как объём искрового канала очень мал, а мощность импульса тока достаточно велика, температура плазмы в канале может достигать 10000 – 12000°C . Поэтому процесс разряда сопровождается интенсивным нагревом, частичным расплавлением и испарением металла с поверхностей электрода–инструмента и заготовки. Большему тепловому воздействию при малой длительности импульсов подвергается анод, поэтому в качестве такового обычно используют заготовку.

При увеличении мощности импульсов, которую регулируют изменением емкости конденсатора, производительность процесса повышается.

Однако при этом снижается точность обработки и возрастает шероховатость формируемой поверхности, так как при воздействии более мощных разрядов увеличиваются размеры эрозионных кратеров на поверхностях электродов.

Для обеспечения непрерывности процесса необходимо, чтобы зазор между электродом–инструментом и заготовкой поддерживался близким к пробойному, а непосредственный механический контакт электродов отсутствовал. Поэтому результирующая скорость движения электрода–инструмента должна точно соответствовать скорости удаления припуска. Это требует применения следящей системы в приводе электрода–инструмента, автоматически связывающей скорость его подачи и скорость съема материала. Следящие системы могут быть реализованы на основе различных принципов управления. На станке модели 57М в качестве управляющего сигнала этой системы используют напряжение на межэлектродном промежутке, изменяющееся при электрическом разряде (рис. 1.55).

При заряженном конденсаторе C_1 (или любого другого из указанных на рис. 1.55 конденсаторов C_2, C_3, C_4, C_5) напряжение на его пластинах равно рабочему напряжению генератора импульсов 1 ($U_1 = 250$ В), что превышает напряжение дополнительного источника питания 2 ($U_2 = 160$ В). В этих условиях направление тока I_1 в якоре электродвигателя 3, определяемое разностью названных напряжений, будет создавать его вращение в сторону, обеспечивающую сближение электрода–инструмента и заготовки.

Прохождение разряда резко снижает напряжение на конденсаторе, в результате чего напряжение вторичного источника питания U_2 становится больше напряжения первичного источника питания U_1 .

Направление тока в якоре двигателя I_2 (рис. 1.55, б) в этом случае изменится на обратное, что приведет к реверсу вращения вала двигателя и удалению электрода–инструмента от заготовки. Это движение будет продолжаться до тех пор, пока конденсатор C_1 вновь не зарядится до напряжения, превышающего напряжение U_2 дополнительного источника питания. Произойдет повторный реверс двигателя, и начнется сближение электрода–инструмента и заготовки. Далее рассмотренные процессы многократно будут повторяться.

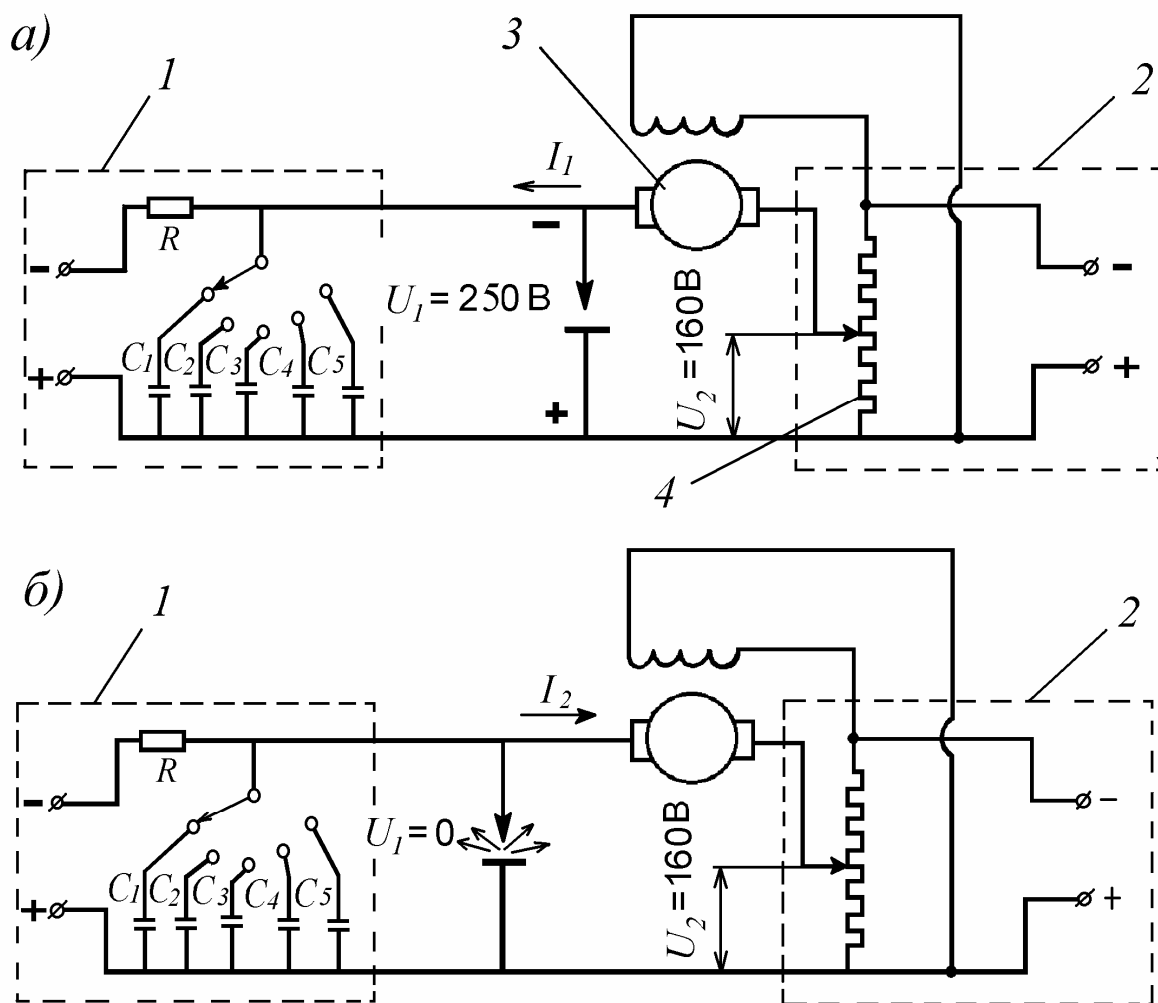


Рис. 1.55. Принципиальные электросхемы работы следящей системы электроискрового станка модели 57М

Частота реверсов двигателя зависит от скорости заряда конденсатора, определяемой сопротивлением резистора R и динамическими характеристиками механической системы (её инерционностью). Изменяя напряжение вторичного источника питания реостатом 4, можно регулировать частоту реверсов, а, следовательно, и скорость движения подачи электрода–инструмента. Таким образом, якорь электродвигателя, вращаясь с переменными скоростью и направлением, поддерживает некоторую среднюю величину пробойного промежутка между электродами δ_T , на которую отрегулирована работа следящей системы.

При электроискровой обработке охватывающие размеры обрабатываемого контура получаются больше, а охватываемые меньше, чем размеры электрода–инструмента (рис. 1.54, б) на величину межэлектродного за-

зора δ_0 (0,02–0,62 мм). Это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании электрода–инструмента и выборе режима обработки.

В процессе электроискровой обработки электрод–инструмент изнашивается, что приводит к искажениям формы и размеров получаемого отверстия. При прошивке сквозных отверстий эта погрешность может не влиять на точность размеров, так как отверстие в конце обработки калибруется неизношенной частью инструмента. При обработке несквозных полостей искаженная вследствие износа форма электрода-инструмента копируется на заготовке. Поэтому при необходимости получения точных размеров контура и полости применяют набор электродов с постепенным переходом на чистовые, менее производительные режимы обработки.

Некоторые характеристики работы электроискрового станка модели 57М представлены в табл. 1.24.

Таблица 1.24

Технологические характеристики станка 57М

№ пп.	Характеристика	Единица измере- ния	Режимы работы				
			1	2	3	4	5
1	Потребляемая мощность, N	Вт	950	450	260	200	150
2	Производительность обработки по массе, P_m	г/мин	0,3	0,15	0,05	0,015	0,01
3	Шероховатость обработанной поверхности, R_z	мкм	40	20	20	10	5

Содержание работы

Лабораторная работа включает: изучение назначения и устройства электроискрового станка модели 57М, схемы работы электропривода движения подачи, проведение эксперимента по электроискровому прошиванию отверстия и определение технико-экономических параметров обработки; выполнение индивидуального задания и подготовку отчета.

Порядок проведения работы

1. Изучите назначение и устройство станка.

2. Измерьте диаметр и длину электрода–инструмента. Под руководством учебного мастера прошейте два отверстия при различных режимах, зафиксировав время прошивания.

3. Измерьте диаметры полученных отверстий, длину электрода–инструмента после обработки и его диаметр у конечной точки рабочей части. С помощью эталонов шероховатости определите высоты микронеровностей отверстий по параметру Rz на представленных учебным мастером разрезанных образцах заготовок.

4. Рассчитайте для использованных режимов обработки:

4.1. Объемную производительность, $\text{мм}^3/\text{мин}$,

$$P_v = S \cdot b / \tau,$$

где S – площадь отверстия, мм^2 ; b – толщина заготовки, мм ; τ – время прошивания, мин .

4.2. Производительность по массе, $\text{г}/\text{мин}$,

$$P_m = 10^{-6} P_v \rho,$$

где ρ – плотность материала заготовки, $\text{кг}/\text{м}^3$.

4.3. Удельный расход электроэнергии, $\text{Дж}/\text{г}$,

$$w = N 60 / P_m,$$

где N – значение мощности, потребляемой станком (см. табл. 1.24), Вт .

4.4. Расход массы электрода–инструмента, $\text{г}/\text{мин}$,

$$Q_{mi} = \frac{10^{-6} S_u \times (\ell_1 - \ell_2) \times \rho_u}{\tau},$$

где S_u – площадь поперечного сечения инструмента, мм^2 ; ℓ_1 и ℓ_2 – исходная и конечная длины электрода, мм ; ρ_u – плотность материала электрода–инструмента.

4.5. Относительный износ электрода–инструмента, %,

$$h_m = (Q_{mi} / P_m) 100.$$

5. Оформите исходные данные, результаты измерений и расчетов в виде таблицы по форме табл. 1.25.

Таблица 1.25

Экспериментальные и расчетные характеристики процесса

№ п.п.	Параметр обработки	Единица измере- ния	Номер режима	
			черно- вая об- работ- ка	чисто- вая об- работ- ка
1	Толщина заготовки, b	мм		
2	Размеры электрода до обработки:			
	диаметр, d_1	мм		
	длина, ℓ_1	мм		
3	Размеры электрода после обработки:			
	диаметр, d_2	мм		
	длина, ℓ_2	мм		
4	Шероховатость отверстия, Rz	мкм		
5	Объемная производительность, P_v	мм ³ /мин		
6	Производительность по массе, P_m	г/мин		
7	Удельный расход электроэнергии, w	Дж/г		
8	Относительный износ электрода, h_m	%		

6. Сделайте анализ полученных результатов, отметив преимущества и недостатки процесса электроискрового прошивания отверстий в сравнении с методами размерной обработки, параметры которых представлены в табл. 1.26.

Таблица 1.26

Характеристики методов обработки отверстий (диаметр 5–10 мм)

Метод обработки	Производи- тельность по массе, P_m , г/мин	Удельный рас- ход электро- энергии, w , Дж/г	Шерохо- ватость, Rz , мкм	Точность диаметра отверстия, квалитет
Сверление	30–100	100–500	20–80	12–14
Электрохими- ческое про- шивание	1–5	1000–2000	10–40	10–14

7. Выполните индивидуальное задание и составьте отчет.

Содержание отчета

1. Название работы.

2. Техническая характеристика станка 57М: модель, назначение, мощность, достижимые качества точности и параметры шероховатости обработанных поверхностей.

3. Цель и содержание эксперимента.

Содержание эксперимента: «Провести электроискровое прошивание отверстий в заготовке, измерить размеры и шероховатость обработанных поверхностей, рассчитать технико-экономические характеристики процесса».

3.1. Условия проведения эксперимента: станок, материал и форма электрода–инструмента, материал заготовки, вид диэлектрической жидкости, размеры электрода–инструмента.

3.2. Расчеты характеристик процесса электроискровой обработки в соответствии с п. 4 раздела «Порядок проведения работы».

3.3. Экспериментальные и расчётные характеристики электроискрового прошивания (табл. 1.25).

3.4. Сопоставительный анализ технико-экономических характеристик электроискровой обработки и обработки заготовок методами, представленными в табл. 1.26.

3.5. Выводы по данным таблиц 1.25 и 1.26.

4. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (табл. 1.27).

Индивидуальное задание: «Выбрать режим и рассчитать основное время электроискровой обработки заготовки».

8.1. Схема и вид электроискровой обработки заготовки.

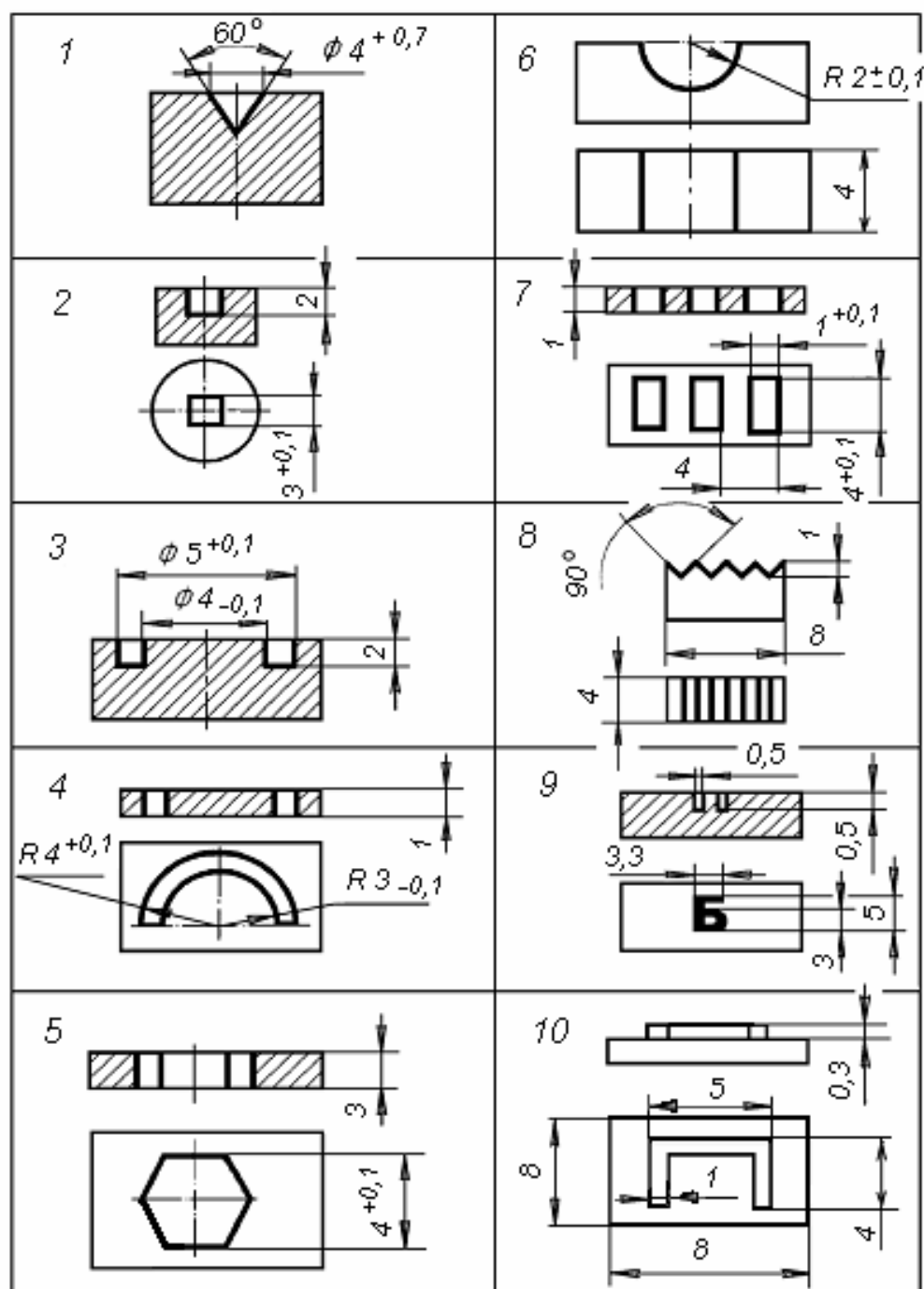
8.2. Номер режима работы электроискрового станка.

8.3. Расчет основного времени обработки τ_0 (используются данные, полученные при проведении эксперимента).

8.4. Эскиз используемого для обработки электрода–инструмента.

Таблица 1.27

Индивидуальные задания



Примечания. 1. Марка материала заготовки – металлокерамический твердый сплав ВК8. 2. Плотность твердого сплава $\rho = 12000 \text{ кг/м}^3$. 3. Шероховатость поверхности задается преподавателем в пределах Rz от 5 до 50 мкм.

1.13. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ ЗАГОТОВКИ ОТ ПЛОТНОСТИ ТОКА

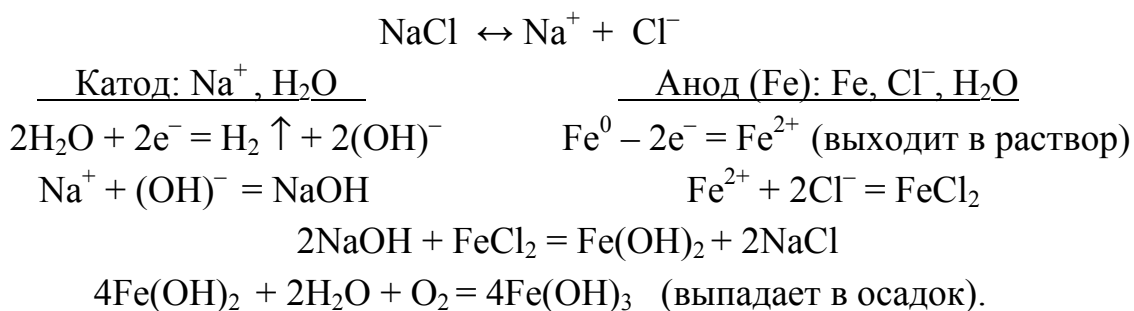
Цель работы: знания зависимостей анодного выхода по току, линейной скорости анодного растворения и удельной энергоемкости электрохимического травления заготовки от плотности тока; умения экспериментально устанавливать эти зависимости и использовать их при решении конкретных задач.

Общие сведения

Электрохимическое травление поверхности заготовки, технологические особенности которого рассматриваются в данной работе, является одним из методов электрохимической обработки заготовок.

Электрохимическое травление может быть использовано для изготовления рельефных шкал, таблиц, фирменных знаков; для получения на металле сложных изображений со значительной глубиной рельефа вплоть до получения сквозных отверстий сложного профиля.

В основе электрохимического травления заготовки лежит анодное растворение металла в среде электролита при прохождении через электролит постоянного электрического тока, называемое *электролизом*. При этом методе обработки заготовка является анодом. Ниже представлена полная схема электролиза в технологической системе «электролит – электроды». Электролит здесь представлен водным раствором хлорида натрия NaCl, а анод–заготовка изготовлен из железа.



Таким образом, на поверхности заготовки, обращенной к катоду, в результате окислительной реакции происходит растворение металла. Для

защиты тех частей заготовки, которые не должны подвергаться формоизменению, используются изолирующие покрытия (маски), наносимые на поверхности фотохимическим или другими способами.

Интенсивность анодного растворения описывается первым законом Фарадея

$$m = k_{\text{эx}} I \tau, \quad (1.44)$$

где m – масса металла, растворенного на аноде, кг; $k_{\text{эx}}$ – электрохимический эквивалент материала анода, кг/Кл; I – сила тока, А; τ – время протекания процесса, мин.

На практике масса растворенного на аноде вещества m_{ϕ} оказывается меньше массы, рассчитанной по закону Фарадея. Эту особенность процесса учитывают введением в формулу (1.44) коэффициента k_{η} , называемого коэффициентом *выхода по току*. Фактическую массу металла, растворенного на аноде, рассчитывают по формуле

$$m_{\phi} = k_{\eta} k_{\text{эx}} I \tau. \quad (1.45)$$

Ввиду большого числа факторов, влияющих на коэффициент k_{η} , найти его значение теоретическим путем не удастся. Поэтому на практике *выход по току* определяют экспериментально через отношение

$$k_{\eta} = \frac{m_{\phi}}{m} = \frac{\rho_m}{k_{\text{эx}}} \frac{S}{I} \frac{\Delta b}{\tau}, \quad (1.46)$$

где ρ_m — плотность материала анода, кг/м³; S — площадь анода, подлежащая травлению, м²; Δb — толщина слоя, растворенного на аноде, м.

Линейная скорость растворения v_p , м/мин, может быть определена следующим образом:

$$v_p = \frac{\Delta b}{\tau} = \frac{k_{\text{эx}}}{\rho_m} \frac{I}{S} k_{\eta} = \frac{k_{\text{эx}}}{\rho_m} \rho_i k_{\eta}, \quad (1.47)$$

где ρ_i — плотность тока, А/м².

Расчеты по формуле (1.47) затруднены в связи с тем, что с увеличением плотности тока падает значение *выхода по току*. Это вызвано пассивацией анода, т. е. покрытием его нерастворимой оксидной пленкой. Явление пассивации анодной поверхности приводит также к значительному увеличению удельной энергоемкости процесса, значение которой w_m , Дж/кг рассчитывают по формуле:

$$w_m = I \cdot U \cdot \tau / m_{\phi}, \quad (1.48)$$

где U — напряжение на электродах, В.

Из формулы (1.48) следует, что удельная энергоемкость w_m процесса электрохимического травления с возрастанием силы тока I увеличивается. Росту w_m способствует еще и то, что одновременно падает *выход по току*.

Лабораторная установка ЭХТ–97

Лабораторная установка ЭХТ–97 (рис. 1.56) работает от источника тока 1 . Источник снабжен встроенными вольтметром 2 и амперметром 3 , которые позволяют контролировать ступенчато изменяемые при переключении тумблеров 12 значения силы тока и напряжения на электродах. Ток от источника по гибким шинам подается на электроды 6 и 7 , выполненные в виде пластин. Пластина 6 , являющаяся катодом, закреплена при помощи кронштейна 5 на стенке емкости 4 , выполненной из химически стойкого материала. Емкость заполнена 15 % водным раствором хлорида натрия.

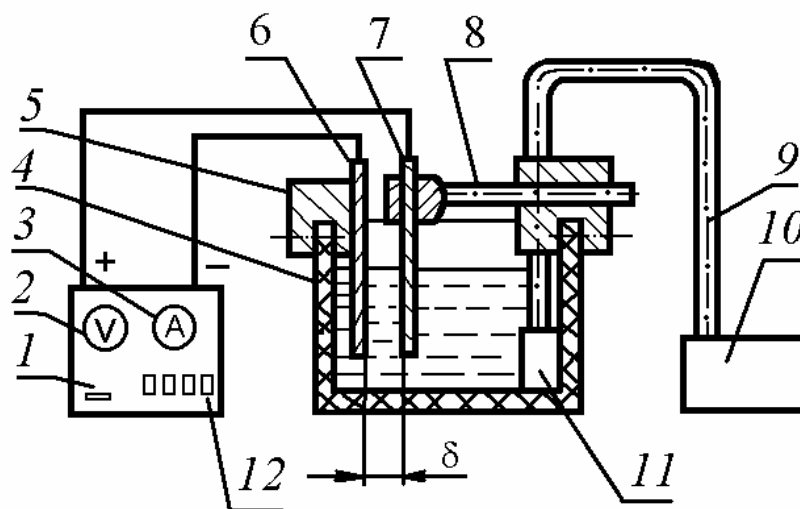


Рис. 1.56. Схема установки ЭХТ–97

Вторая пластина 7 , представляющая анод, закреплена на противоположной стенке емкости 4 при помощи подвижного кронштейна 8 , который дает возможность изменять межэлектродный зазор δ . Для эффективного удаления продуктов анодного растворения из межэлектродного промежутка электролит перемешивают потоком воздуха, подаваемого в емкость 4 по гибкому трубопроводу 9 от компрессора 10 . Для предотвращения образования больших воздушных пузырей и выплескивания электролита из емкости конец трубопровода 9 снабжен рассеивателем 11 .

Содержание работы

Работа включает изучение технологических характеристик и основных закономерностей электрохимического травления заготовок, проведение эксперимента по определению зависимости параметров электрохимического травления от плотности тока, выполнение индивидуального задания и подготовку отчета.

Последовательность выполнения работы

1. Ознакомьтесь с устройством и принципом работы лабораторной установки ЭХТ–97.
2. Совместно с преподавателем разберите представленные в начале работы формулы химических реакций, протекающих в технологической системе при электрохимическом травлении.
3. Получите у учебного мастера образец для электрохимического травления.
4. Измерьте толщину b образца, установите его в емкость с электролитом и проведите обработку в течение 10 минут при заданном преподавателем значении силы тока I и установившемся значении напряжения U . Измерьте толщину образца после травления. Результаты измерений занесите в табл. 1.28.

Таблица 1.28

Результаты эксперимента

Номер эксперимента														
1					2					3				
Номер измерения	τ , мин	I , А	U , В	b , м	Номер измерения	τ , мин	I , А	U , В	b , м	Номер измерения	τ , мин	I , А	U , В	b , м
1	0				1	0				1	0			
2					2					2				

5. Повторите дважды на этом же образце перечисленные в п. 4 действия, изменяя каждый раз значение силы тока I .
6. Вычислите значения плотности тока в каждом эксперименте по формуле $\rho_i = \frac{I}{S}$, А/м²; результаты расчетов занесите в табл. 1.29.

Таблица 1.29

Результаты расчетов

Номер экспери- мента	ρ_i , А/м ²	Δb , м	m_ϕ , кг	k_η	ϑ_P , м/с	Π_m , кг/с	w_m , Дж/кг

7. Рассчитайте и занесите в табл. 1.29 значения коэффициентов *выхода по току* для каждого эксперимента. Для этого:

– вычислите толщину Δb стравленного за 10 минут обработки слоя материала по каждому эксперименту, используя формулу $\Delta b = b_2 - b_1$, в которой индексы 1 и 2 обозначают номера измерений;

– рассчитайте массу m_ϕ стравленного слоя по формуле $m_\phi = \rho_m \cdot S \cdot \Delta b$, кг;

– используя формулу (1.46) и данные табл. 1.30, определите значения анодного выхода по току k_η .

Таблица 1.30

Плотность и электрохимические эквиваленты некоторых сплавов

№ п/п	Материал	ρ_m , кг/м ³	$k_{эx}$, кг/Кл
1	2Х13	7750	$2,58 \cdot 10^{-7}$
2	5ХНМ	7800	$2,86 \cdot 10^{-7}$
3	ВК8	14350	$3,10 \cdot 10^{-7}$
4	T15K6	11000	$2,75 \cdot 10^{-7}$
5	T5K10	12200	$3,05 \cdot 10^{-7}$
6	30ХГСА	7850	$2,88 \cdot 10^{-7}$
7	38ХНМЮА	7710	$2,83 \cdot 10^{-7}$
8	Д1	2800	$0,93 \cdot 10^{-7}$
9	ВТ16	4680	$1,79 \cdot 10^{-7}$
10	ВТ22	4500	$1,72 \cdot 10^{-7}$
11	ЭИ-893	8800	$2,64 \cdot 10^{-7}$
Примечание. В экспериментах используются образцы из стали 20, имеющей $k_{эx} = 2,69 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл., $\rho_m = 7800$ кг/м ³ .			

8. Рассчитайте производительность по массе Π_m , кг/с, и удельную энергоемкость процесса обработки w_m , Дж/кг, при различных значениях плотности тока. Результаты расчетов занесите в табл. 1.29.

9. Постройте графики экспериментальных зависимостей анодного выхода по току, скорости анодного растворения и удельной энергоемкости процесса от плотности тока: $k_\eta = f_1(\rho_i)$, $v_p = f_2(\rho_i)$, $w_m = f_3(\rho_i)$ и нанесите на них примерные кривые соответствующих теоретических зависимостей (при консультации преподавателя). Охарактеризуйте степень совпадения полученных результатов с теоретическими зависимостями травления заготовок.

11. Получите у преподавателя индивидуальное задание по определению основного времени на электрохимическое травление поверхности конкретной формы (табл. 1.31) и выполните следующие действия:

- рассчитайте площадь S поверхности, подлежащей обработке;
- пользуясь данными, приведенными в табл. 1.30, определите необходимую плотность тока по формуле $\rho_i = \frac{v_p \rho_m}{k_{\text{эx}}}$, А/м²;
- определите силу тока I , обеспечивающую скорость анодного растворения $v_p = 10^{-6}$ м/с, по формуле $I = \rho_i S$, приняв анодный выход по току $k_\eta = 1$;
- рассчитайте время τ_0 электрохимической обработки заготовки.

Содержание отчета

1. Условия проведения эксперимента: материал и размеры заготовки, состав и концентрация электролита, измерительные приборы и инструменты.

2. Таблица результатов эксперимента (по форме табл. 1.28).
Расчеты, перечисленные в п.п. 6–10 раздела «Содержание и последовательность выполнения работы», и таблица результатов (по форме табл. 1.29).

4. Графики зависимостей: $k_\eta = f_1(\rho_i)$, $v_p = f_2(\rho_i)$, $w_m = f_3(\rho_i)$.

5. Выводы.

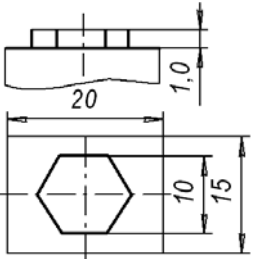
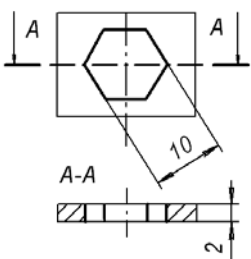
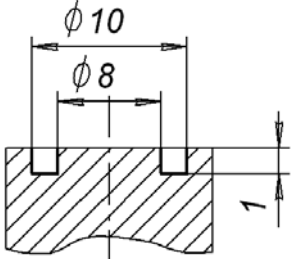
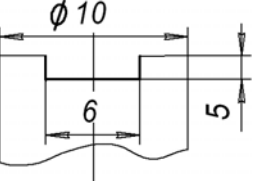
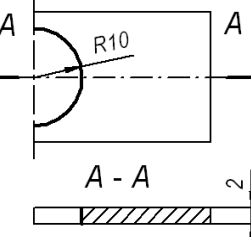
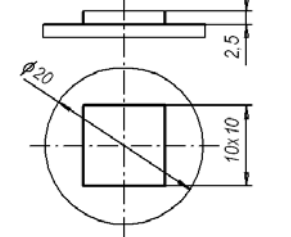
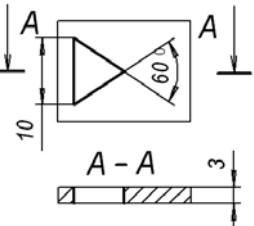
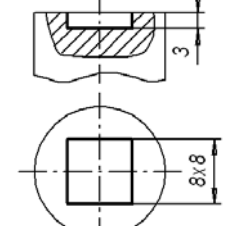
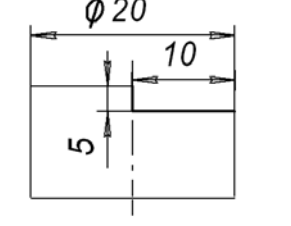
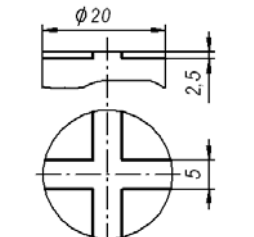
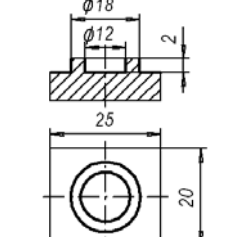
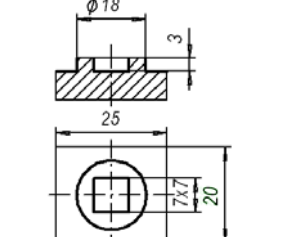
6. Номер, формулировка, исходные данные индивидуального задания (табл. 1.31) и чертеж детали.

Содержание индивидуального задания: «Определить силу тока, необходимую для травления заготовки и рассчитать основное время обработки».

7. Расчеты силы тока I , обеспечивающей $v_p = 10^{-6}$ м/с, и времени обработки τ_0 .

Таблица 1.31

Индивидуальные задания

№ пп	Операционный эскиз	№ пп	Операционный эскиз	№ пп	Операционный эскиз
1	 Материал: 30ХГСА	5	 Материал: 2Х13	9	 Материал: Ст 45
2	 Материал: Ст 40Х	6	 Материал: Т5К10	10	 Материал: ВТ16
3	 Материал: 5ХНМА	7	 Материал: Т15К6	11	 Материал: 38ХМЮА
4	 Материал: ВК8	8	 Материал: Ст 40ХН	12	 Материал: Д1

2. УПРАЖНЕНИЯ

Упражнение как метод обучения является одним из практических методов, направленных на формирование умений студентов применять полученные теоретические знания в решении профессиональных задач. Это требует включения упражнений в учебный процесс, как правило, после того как студенты получают необходимые теоретические знания на лекциях.

Решая задачу формирования определенных общепрофессиональных умений, упражнения дисциплины ТКМ нацелены и на закрепление теоретических знаний. Однако в этом направлении их основная задача связана с приобретением новых знаний в рассматриваемой области, носящих, как правило, прикладной характер.

В учебном процессе упражнения выступают и как метод обучения и как организационная форма, реализуемая в виде практических аудиторных занятий. Это определяет их проведение с наличием определенной структуры занятия, заданного графиком учебного процесса длительности и группы студентов определенной специальности или направления подготовки.

Методика выполнения приведенных в пособии упражнений по ТКМ предусматривает как аудиторную работу студента на занятии под руководством преподавателя, так и самостоятельную его работу в домашних условиях. Это обуславливает необходимость для преподавателя определить ключевые моменты упражнений, проблемные вопросы, решение которых должно пройти в рамках аудиторных занятий. Особое значение приобретает в связи с этим завершение занятия, когда преподаватель должен раскрыть общие решаемые задачи в процессе внеаудиторной работы студентов, содержания и методики выполнения домашнего задания.

Упражнения в рамках курса ТКМ не являются основным видом практических занятий, а их место в системе занятий не определяется расположением упражнений в содержании данного пособия. Упражнения должны рассматриваться как элемент системы практических занятий, приведенных в данном практикуме. В связи с этим время проведения того или иного упражнения, его необходимость должны рассматриваться в рамках всех типов практических занятий пособия, возможностей образовательного учреждения и конкретных задач, определяемых специальностью или направлением подготовки подготавливаемого специалиста.

Упражнение является одним из этапов формирования навыка или умения выполнения практических действий студентов. В связи с этим преподаватель, определяя место того или иного упражнения в системе практических занятий студентов, должен руководствоваться не только исходным уровнем знаний студентов в данной области, но и уровнем сформированности тех навыков и умений, которые необходимы студенту для выполнения упражнения.

Перечень приведенных в пособии упражнений ограничен. Однако при необходимости он может быть расширен и другими типами упражнений. Подбор предложенных в практикуме упражнений сделан таким образом, что на их основе можно организовать выполнение аналогичных по названию курсовых работ и даже курсовых проектов.

2.1. НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ

Цель работы: знание методики назначения режима резания; умение назначать режим резания при точении с использованием справочной литературы.

Общие положения

Режимом резания по ГОСТ 25762–83 называют совокупность численных значений скорости главного движения резания v , подачи S и глубины резания t .

Определение оптимального режима резания является одной из самых распространенных технологических задач в машиностроении. Это вызвано тем, что себестоимость обработки, расход инструмента, производительность труда существенно зависят от назначенного режима резания.

Режим резания прямо или косвенно влияет на все составляющие штучного времени $T_{шт}$ (см. лабораторную работу 1.7). На основное (машинное) время T_o элементы режима резания оказывают непосредственное влияние. Так, увеличение любого из элементов режима резания снижает основное время, повышая производительность труда. На остальные структурные составляющие $T_{шт}$ элементы режима резания оказывают косвенное влияние через изменение стойкости инструмента T . Например, увеличение скорости резания снижает стойкость инструмента и соответственно этому увеличивает вспомогательное время, связанное с простоем оборудования.

Решение задачи оптимизации обработки сводится к отысканию режима резания, обеспечивающего для конкретных условий изготовления изделия выбранный критерий оптимальности обработки заготовок. Критерием оптимальности обычно служит одно из трех технико-экономических требований: минимальная себестоимость обработки заготовки, минимальный расход режущего инструмента, максимальная производительность труда, т. е. минимальное основное время обработки.

Критерий минимальной себестоимости обработки приемлем для большинства операций обработки резанием, но его применение требует проведения большого объема расчетных работ при подготовке производства и многочисленных сведений по исходной информации, зачастую известной не полностью. Выбор второго критерия – минимального расхода режущего инструмента – целесообразен в тех случаях, когда оборудование на данной операции недогружено из-за недостаточной производительности на предшествующих операциях. Использование третьего критерия, обеспечения максимальной производительности обработки, необходимо для тех операций, которые лимитируют по производительности последующие операции технологического процесса изготовления детали.

При оптимизации режима резания необходимо учесть все технологические и организационно-технические ограничения, накладываемые на параметры режима, и выразить эти ограничения аналитически или графически. Число таких ограничений достаточно велико. Важнейшими из них являются ограничения, накладываемые требованиями по качеству обработки (шероховатость поверхности, качество поверхностного слоя детали, точность размера и формы обрабатываемой поверхности), ограничения по производительности обработки, ограничения, накладываемые характеристиками станка (мощность приводов, допустимые силы и момент сил, дискретные ряды частот вращения шпинделя n_{cm} и подач S_o , ограничения, накладываемые инструментом: допускаемые нагрузки, глубина резания и т. д.).

Поэтому в общем случае исходными данными для расчёта режима резания являются [5, 10]:

- вид обработки;
- технологический эскиз операции с указанием выполняемых размеров, точности изготовления, требуемой шероховатости, способа установки и закрепления заготовки на станке;

- материал заготовки;
- исходное состояние обрабатываемой поверхности;
- размер припуска на обработку;
- модель станка, мощность его двигателя, допустимые крутящий момент $M_{кр}$ на шпинделе и осевое усилие движения подачи P_x ;
- размеры инструмента.

Последовательность назначения режима резания при точении

В теории резания металлов существуют различные методы оптимизации режимов резания. В данной работе поставленная задача реализуется *методом последовательного определения элементов режима резания*.

Сущность этого наиболее простого и распространенного из методов оптимизации состоит в следующем. Основным ограничением экономического характера при реализации метода точения является стойкость резца T , мин. Определяется она по известной формуле [10]

$$T = \frac{C_T}{t^{x_T} S_o^{y_T} v^{n_T}}, \quad (2.1)$$

В соответствии с этой формулой различия во влиянии элементов режима резания на стойкость инструмента определяются сопоставительными величинами показателей степеней при v , S_o , t . Их количественное соотношение, установленное значительным числом экспериментов, имеет следующий вид:

$$n_T > y_T > x_T.$$

Конкретные значения показателей определяются ограничениями на качество обработки, устанавливаемыми чаще всего по параметру шероховатости обрабатываемой поверхности Ra или Rz . Необходимая для их определения информация содержится в справочниках, например [10].

Соотношения показателей степени при элементах режима резания определяют последовательность их назначения, т. к. из теории оптимизации известно, что выбор в первую очередь должен осуществляться с назначения параметра, влияние которого на искомую функцию наименьшее, в данном случае – с глубины резания t [5]. Вторым элементом режима резания назначают подачу S_o с учетом уже выбранной глубины резания. И только вслед за этим приступают к определению скорости резания v .

Для назначения v по двум назначенным элементам режима резания t и S_o устанавливают на основе справочных таблиц значение стойкости резца T . Затем, используя зависимость (2.1), производят расчет допустимой скорости резания v по выведенной из нее формуле (2.2).

$$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} S_o^{y_v}} k_v, \text{ м/мин} \quad (2.2)$$

где C_v – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, вида работы и толщины среза; m, x_v, y_v – показатели степени при значениях стойкости инструмента T , глубины резания t и подачи S_o , определяемые эмпирическим методом либо по справочникам.

Поправочный коэффициент на скорость резания k_v рассчитывают по формуле (2.3) как произведение частных поправочных коэффициентов, каждый из которых отражает отличие фактического значения одного из конкретных условий резания от использованного при экспериментальном определении значения коэффициента C_v . В формулу (2.3) включены важнейшие из них. Определяют поправочные коэффициенты по таблицам справочников, например справочника [10].

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv} \cdot k_{\phi v} \cdot k_{Tv}, \quad (2.3)$$

где k_{mv} – поправочный коэффициент на обрабатываемый материал ([10], табл. 1); k_{nv} – поправочный коэффициент на состояние обрабатываемой поверхности, определяемое способом получения заготовки и наличием на ее поверхности корки или загрязнений ([10], табл. 5); k_{uv} – поправочный коэффициент на инструментальный материал ([10], табл. 6); $k_{\phi v}$ – поправочный коэффициент на величину главного угла в плане резца ϕ ([10], табл. 18); k_{Tv} – поправочный коэффициент на значение принятой стойкости режущего инструмента T .

В целом расчет режима резания включает в себя три этапа: отбор и анализ необходимой исходной информации; назначение оптимального сочетания элементов режима резания; проверочные расчеты. Основными видами действий при их выполнении являются:

- выбор типа режущего инструмента и его геометрических параметров;
- выбор инструментального материала и смазочно–охлаждающей жидкости;

- назначение глубины резания t ;
- назначение или расчёт подачи S_o ;
- назначение или расчёт периода стойкости резца T ;
- расчёт скорости главного движения резания v ;
- расчёт составляющих сил резания P_z, P_x ;
- расчёт мощности привода и выбор металлорежущего станка или проверка режима резания по мощности привода и усилию подачи на заданном станке, имеющего мощность электродвигателя $N_{эл}$;
- корректировка скорости резания при недостаточной мощности имеющегося станка.

Расчет режима резания для каждого метода обработки имеет свои особенности. В данной работе рассмотрена методика назначения режима резания для обтачивания цилиндрической поверхности, растачивания отверстия и подрезания торца заготовки (рис. 2.1, а, б, в).

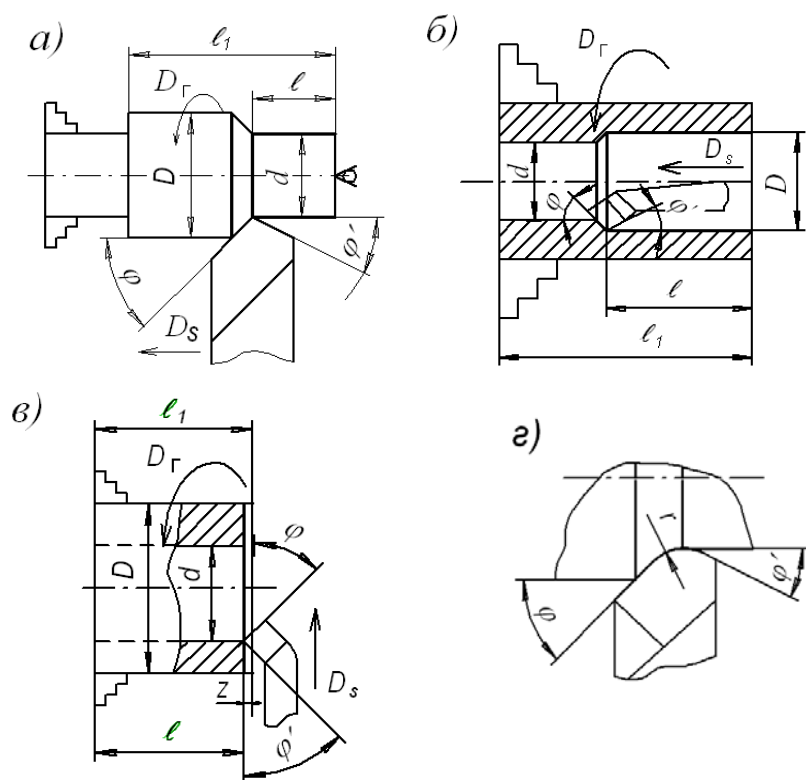


Рис. 2.1. Схемы токарных работ:

а – обтачивание цилиндрической поверхности; б – растачивание отверстия,
в – подрезание торца; г – радиус при вершине резца

Назначение глубины резания. Значение принимаемой глубины резания t зависит от места выполняемой операции в технологическом процессе

изготовления изделия (этапы черновой, получистовой, чистовой обработки и тонкого точения) и заданных чертежом точности обработки и шероховатости обработанной поверхности.

При черновой обработке целесообразно весь припуск z удалить за один рабочий ход. Однако, если значение $z/2$ превышает допустимую для конкретного станка глубину резания t_{max} , то удаление припуска осуществляют за несколько рабочих ходов i .

Их число зависит в первую очередь от жесткости технологической системы и характеристик обрабатываемого материала. На каждом последующем ходу следует назначать меньшую глубину резания, чем на предшествующем.

При получистовой и чистовой обработке припуск делят на несколько частей и удаляют его за несколько рабочих ходов: первый (или несколько начальных) рабочий ход выполняют с большей для данного вида обработки глубиной резания, последний рабочий ход — с меньшей глубиной резания в пределах рекомендуемых в табл. 2.1 значений.

Таблица 2.1

Рекомендации по назначению глубины резания

Вид точения	Точность обработки, квалитет	Шероховатость Rz, мкм	Глубина резания, t , мм
Черновое	12–14	более 40	7,0–10,0
Получистовое	9–11	20–40	2,0–5,0
Чистовое	7–8	6–20	0,5–2,0
Тонкое	5–6	1,6–3,2	0,05–0,2

При растачивании отверстий в связи с меньшей жесткостью расточного резца, чем проходного при назначении глубины резания следует принимать меньшие из указанных в таблице 2.1 значений и проверять возможность их использования по жесткости примененного инструмента.

Выбор подачи S_o . Подачу S_o , т. е. перемещение резца за один оборот заготовки, выбирают в зависимости от назначенной глубины резания и заданной шероховатости обработанной поверхности с учетом ряда ограничений.

Необходимые для принятия решения данные находят по рекомендациям справочников, отраслевых, или заводских нормативов по резанию. Затем проверяют правильность назначения подачи по таким критериям, как:

- допустимое осевое усилие на станке (сила P_x);
- допустимый прогиб резца;
- заданная шероховатость обработанной поверхности.

При черновом точении главными ограничениями величины подачи являются прочность и жесткость державки резца, прочность слабых звеньев механизма подачи станка, жесткость обрабатываемой заготовки и метод ее закрепления. Учет этих ограничений осуществляют по таблицам, приведенным в справочниках по типу табл. 2.2.

Таблица 2.2

Допустимые подачи при черновом точении сталей резцами
из быстрорежущей стали или твердого сплава

Диаметр заготовки, D , мм	Размер державки резца, $b \times h$, мм	Подача S_o , мм/об при глубине резания t	
		до 3 мм	3–5 мм
до 20	16×25	0,3–0,4	–
	25×25		
20–40	16×25	0,4–0,5	0,3–0,4
	25×25		
40–60	16×25	0,5–0,9	0,4–0,8
	25×40		
60–100	16×25	0,6–1,2	0,4–1,1
	25×40		

При полустачковом и чистовом точении подачу выбирают по табл. 2.3 в зависимости от заданной шероховатости обработанной поверхности и радиуса при вершине резца r (рис. 2.1, z).

Назначение периода стойкости T . При необходимости получения точных данных период стойкости определяют вычислением с помощью формул, известных из теории резания, в частности, формулы для определения экономически оптимальной стойкости инструмента. Однако проведение такого расчета требует наличия ряда экспериментально устанавливаемых данных, что усложняет всю процедуру назначения режима обработки.

Таблица 2.3

Допустимые подачи при чистовом и получистовом точении стальных резцами из быстрорежущей стали или твердого сплава

Параметр шероховатости поверхности, мкм		Радиус при вершине резца, r , мм					
Ra	Rz	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
0,63		0,07	0,1	0,12	0,14	0,15	0,17
1,25		0,1	0,13	0,165	0,19	0,21	0,23
2,5		0,144	0,20	0,246	0,29	0,32	0,35
	20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
	40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
	80	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

В среднем экономически целесообразное значение стойкости резца, определяемое по этим формулам T , находится в пределах 30–60 минут.

Упрощенная методика предполагает произвольное назначение стойкости инструмента в пределах или даже за пределами ранее указанных значений без поиска дополнительных данных, и учет такого метода назначения путем расчета скорости резания по формуле (2.2) введением в нее поправочного коэффициента $k_{T\vartheta}$. Чаще всего при назначении режима резания принимают стойкость резца T равную 60 минут. Это связано с тем, что в таком случае поправочный коэффициент $k_{T\vartheta}$ равен 1,0 (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Поправочные коэффициенты $k_{T\vartheta}$ на скорость резания в зависимости от принятой стойкости резца

Материал инструмента	Коэффициент $k_{T\vartheta}$ при периоде стойкости T , мин					
	30	45	60	90	130	200
Быстрорежущая сталь	1,1	1,05	1,0	0,9	0,8	0,75
Твердый сплав	1,15	1,05	1,0	0,9	0,85	0,8

Расчёт скорости резания. Благодаря уже назначенным или выбран-

ным значениям t , S_o , T , определения по справочнику показателей степени при значениях стойкости инструмента m , x_{ϑ} , y_{ϑ} и коэффициента C_{ϑ} скорость резания можно вычислить с помощью зависимости (2.2).

После расчёта скорости резания по справочным данным, необходимо определить частоту вращения шпинделя $n_{расч}$, выбрать ближайшую меньшую частоту $n_{см}$ из имеющихся на станке и затем с помощью значения $n_{см} \leq n_{расч}$ произвести расчёт реальной (фактической) скорости резания v_p на заданной технологической операции. Методика выполнения данных процедур представлена в работе 1.1.

Именно этими фактическими скоростью главного движения резания v_p и частотой вращения шпинделя станка $n_{см}$ нужно оперировать в дальнейших расчётах. Эти расчеты направлены на выбор оборудования и осуществления проверки выполнения ограничений на режим резания.

Выбор оборудования и проверка выполнения ограничений на режим резания. Для реализации поставленных задач необходимо рассчитать силу резания и, в частности, ее основную – тангенциальную составляющую по формуле (см. работу 1.5):

$$P_z = C_{pz} \cdot t^X \cdot S^y \cdot v^n, \text{ Н} \quad (2.4)$$

Мощность резания $N_{рез}$, Вт, затрачиваемую на главное движение резания, определяют по формуле

$$N_{рез} = P_z \times v_p. \quad (2.5)$$

Полученное из формулы (2.5) значение $N_{рез}$ определяет эффективную мощность станка. Исходя из этого значения, далее определяют мощность электродвигателя станка по формуле

$$N_{эл} = N_{рез} \times k_{\eta}, \quad (2.6)$$

где k_{η} – коэффициент полезного действия станка, который принимают в пределах 0,8–0,9.

По определенному таким образом значению $N_{эл}$ осуществляют выбор металлорежущего станка или проводят проверку на возможность использования имеющегося оборудования для обработки заготовки с выбранным режимом резания. Если значение мощности существующего станка $N_{см}$ меньше расчетного значения мощности электродвигателя $N_{эл}$,

то необходимо либо перейти на работу на более мощном станке, либо уменьшить режим резания и установить на основе формул (2.6) и (2.5) то предельное значение скорости главного движения резания v , которое допустимо при обработке на данном станке.

Содержание работы

Работа включает: изучение основ выбора режима резания и по исходным данным индивидуального задания назначение режима резания для одного из видов токарных работ с использованием справочного пособия.

Последовательность выполнения работы

1. Изучите основы и последовательность назначения режимов резания при точении [5, 10].

2. Для конкретных условий обработки, определенных индивидуальным заданием (табл. 2.5), назначьте рациональные режимы резания в представленной далее последовательности.

Примечание. При выполнении данной работы перечень исходных данных для упрощения задачи сокращен, что уменьшает число проверочных расчётов.

2.1. Изучите представленные в задании данные.

2.2. Выберите тип токарного резца, нарисуйте схему обработки, согласно рис. 2.1 с конкретными параметрами процесса, установленными в индивидуальном задании, и согласуйте ее с преподавателем.

2.3. Установите число рабочих ходов i , необходимое для удаления припуска z , используя предельные значения глубины резания, указанные в табл. 2.1. Определите среднюю глубину резания t для всех рабочих ходов, исходя из указанной в индивидуальном задании шероховатости обработанной поверхности. Примите полученное значение в качестве базового в дальнейших расчетах.

2.4. Назначьте подачу S_o , мм/об по табл. 2.2, 2.3 и справочнику [10].

Примечание. Проверка выбранной подачи в данном упражнении ни по одному из названных условий в разделе «Последовательность назначения режима резания при точении» не предусмотрена.

2.5. Примите период стойкости режущего инструмента T равным 60 минутам.

Таблица 2.5

Индивидуальные задания

№ пп	Вид обработки	Материал заготовки	Заготовка: вид, R_z , мкм	Деталь: R_z , мкм	Материал инстру- мента	Параметры лезвия реза				Размеры заготовки, мм			
						φ , град	φ' , град	γ , град	r , мм	D	d	ℓ	ℓ_1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Точение	Сталь Ст 3, $\sigma_s = 450$ МПа	Поковка	50	T5K10	45	45	-5	2	100	75	150	150
2	Растачи- вание	СЧ 10, HB 160	Отливка с коркой	100	BK8	45	45	0	2	80	50	60	60
3	Подреза- ние	Сталь 45, $\sigma_s = 680$ МПа	Прокат, пруток	25	T5K10	45	15	0	1,5	80	–	70	60
4	Точение	Сталь 45X, $\sigma_s = 750$ МПа	$R_z 25$	6,3	T15K6	60	10	-5	1,5	100	95	50	50
5	Растачи- вание	СЧ 20, HB 240	Отливка без корки, $R_z 25$	3,2	BK8	90	20	0	1,5	60	35	30	50
6	Точение	Бр АЖ 9-4, HB 120	Отливка с коркой	25	BK6	45	45	10	2	90	60	100	120
7	Растачи- вание	Силумин АЛ12, HB 50	Отливка без корки	3,2	BK4	60	15	15	1,5	70	75	90	110

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
8	Подреза- ние	Сталь 20, $\sigma_s = 500$ МПа	Прокат, пруток, обработан	12,5	P6M5	120	15	10	1,5	70	40	60	55
9	Точение	Сталь 12X18H9T	Rz12,5	1,6	BK4	75	15	-5	2,0	80	75	100	100
10	Растачи- вание	Бр. ОЦ-4-3, HB 70	Отливка без корки	6,3	BK6	45	15	10	0,5	80	60	50	50
11	Подреза- ние торца	Сталь Ст 3, $\sigma_s = 500$ МПа	Предвари- тельное точение	25	T5K10	90	15	-5	1,5	100	-	60	55
12	Точение	Силумин АЛ2, HB 50	Отливка без корки	6,3	BK4	45	15	15	1,0	95	75	150	150
13	Растачи- вание	Сталь 38ХА, $\sigma_s = 680$ МПа	Прокат с просвер- ленным отверстием	3,2	T15K6	90	15	-5	1,5	75	70	90	80
14	Подреза- ние торца	Бронза Бр. АЖ 9-4, HB 120	Пруток	12,5	P18	45	15	10	1,5	60	-	50	45
15	Точение	СЧ 15, HB 180	Отливка с коркой	50	BK8	30	45	0	2,0	95	70	120	120

2.6. Рассчитайте скорость главного движения резания $v_{расч}$ по формуле 2.2, определив по справочнику [10] поправочные коэффициенты на материал заготовки k_{mv} , на состояние обрабатываемой поверхности k_{mv} , на материал инструмента k_{uv} , на значение главного угла в плане $k_{\phi v}$.

2.7. Определите частоту вращения шпинделя $n_{расч}$ по формуле (1.1) и откорректируйте ее по табличным значениям частот вращения шпинделя токарно-винторезного станка модели 16K20, установив $n_{ст}$.

2.8. Определите действительную скорость резания $v_{факт}$.

2.9. Рассчитайте окружную составляющую силы резания P_z (по формуле 2.3).

2.10. Определите эффективную мощность $N_{рез}$, затрачиваемую непосредственно на резание, и необходимую мощность электродвигателя $N_{эл}$ по формулам (2.5) и (2.6).

2.11. Сопоставьте мощность привода токарно-винторезного станка модели 16K20 ($N = 10$ кВт) и определенное значение $N_{эл}$. Сделайте вывод о возможности реализации выбранного режима обработки на токарно-винторезном станке модели 16K20.

3. Произведите наладку токарно-винторезного станка модели 16K20 на выбранный режим обработки и совместно с учебным мастером осуществите точение поверхности заготовки на этом режиме.

Содержание отчета

1. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания.

Индивидуальное задание: «Назначить режим резания и осуществить проверку возможности его реализации на токарно-винторезном станке модели 16K20».

2. Схема обработки заготовки.

3. Назначение режима резания (в последовательности, представленной в разделе «Последовательность выполнения работы», п. 2 с краткими комментариями).

4. Назначенный режим обработки.

2.2. ИЗУЧЕНИЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Цель работы: знание общих сведений о конструктивных и геометрических элементах металлорежущих инструментов; умение находить конструктивные элементы на реальных инструментах, и обозначать конструктивные и геометрические параметры на их эскизах.

Общие сведения

Разнообразие технологических методов обработки заготовок резанием определяет наличие в промышленности широкой номенклатуры металлорежущих инструментов. К ним относят резцы, фрезы, сверла, зенкеры, развертки, метчики, плашки и т. д. Режущий инструмент обеспечивает создание поверхности детали заданной формы и размеров путем отделения стружки от заготовки. Эффективность процесса резания во многом определяется конструктивными и геометрическими характеристиками инструмента, маркой материала и его свойствами. Так, производительность и стоимость механической обработки существенно зависят от прочности лезвий режущего инструмента, термоустойчивости инструментального материала, формы и расположения режущих кромок.

Изучение различных типов металлорежущего инструмента позволяет глубже понять технологические возможности конкретных методов обработки резанием и определить факторы, обеспечивающие эффективность их применения.

Конструктивные и геометрические элементы металлорежущих инструментов

По внешнему виду металлорежущие инструменты различных групп существенно отличаются друг от друга. В то же время все они имеют рабочую и крепежную части. Основу рабочей части любого инструмента составляет режущая часть, состоящая из одного или нескольких клинообразных элементов, служащих для проникновения в материал заготовки и отделения стружки. Эти элементы называют лезвиями.

Рабочая часть некоторых инструментов кроме режущей имеет и калибрующую часть. Последняя, удаляя незначительный, оставшийся после

прохождения режущей части припуск, обеспечивает получение окончательной точности размеров и требуемого качества обработанных поверхностей на заготовке.

По количеству лезвий режущие инструменты подразделяют на однолезвийные и многолезвийные. Примером однолезвийного металлорежущего инструмента может служить токарный проходной резец, части и элементы которого рассматриваются в лабораторной работе 1.4.

Для того, чтобы режущий инструмент мог осуществлять резание его лезвие должно быть определенным образом ориентировано относительно поверхностей заготовки (обрабатываемой, обработанной, поверхности резания, см. рис. 1.26, *а*) и вектора скорости резания v . В координатной системе, связанной с этими поверхностями, применительно к лезвию рассматривают геометрические параметры (углы) режущей части инструмента, получаемые заточкой, расположением лезвий на корпусе инструмента и положением самого инструмента на станке. Основными среди них являются: передний угол γ , главный задний угол α , угол заострения β , главный и вспомогательный углы в плане ϕ и ϕ' и угол наклон главной режущей кромки λ (см. рис. 1.27).

Лезвие инструмента образовано передней и задней (задними) поверхностями, которые находятся в контакте с заготовкой и стружкой в процессе резания. С целью снижения сил трения высота шероховатости этих поверхностей по параметру R_z не должна превышать 1 мкм.

Передняя поверхность лезвия у многих инструментов является частью поверхности стружечной канавки. Размеры и форма последней выбираются такими, чтобы стружка, образованная за время непрерывного контакта лезвия инструмента с заготовкой, размещалась в объеме этой канавки. Примеры инструментов со стружечными канавками приведены в заданиях 7, 8, 11, 14 (табл. 2.7).

Если инструмент оснащен пластинками из инструментального материала, то их закрепляют на корпусе пайкой или механическим способом. Инструмент с механическим креплением режущих пластин называют сборным.

Режущий инструмент при установке на станок должен быть определенным образом ориентирован относительно заготовки и надежно закреплен. Для реализации этих функций служит его крепежная часть, выполняемая в

виде конического или цилиндрического хвостовика, призматического стержня или посадочного отверстия. С целью экономии дорогостоящих инструментальных материалов крепежную часть инструмента часто выполняют из конструкционной стали. Рабочую и крепежную части инструмента в этом случае соединяют между собой с помощью сварки или пайки, а изготовленный по такой технологии инструмент называют составным. Примеры составных инструментов приведены в заданиях 1, 2, 8, 11, 14 (табл. 2.7).

При изучении конструкции режущего инструмента и нахождении его конструктивных и геометрических параметров необходимо представить инструмент в процессе резания. При этом следует определить направление движений резания: главного движения D_r и движения подачи D_s . Это позволит найти и правильно обозначить на эскизе инструмента и его сечениях следы основной плоскости P_{vc} , плоскости резания P_{nc} и главной секущей плоскости $P_{\tau c}$ (см. рис. 1.27). Основы выделения и правила нахождения координатных плоскостей изложены в работе 1.4.

Содержание работы

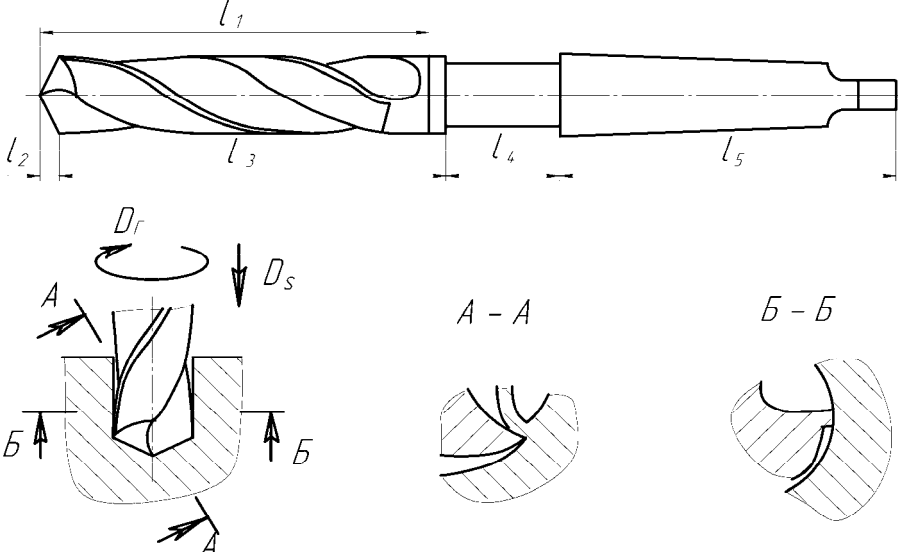
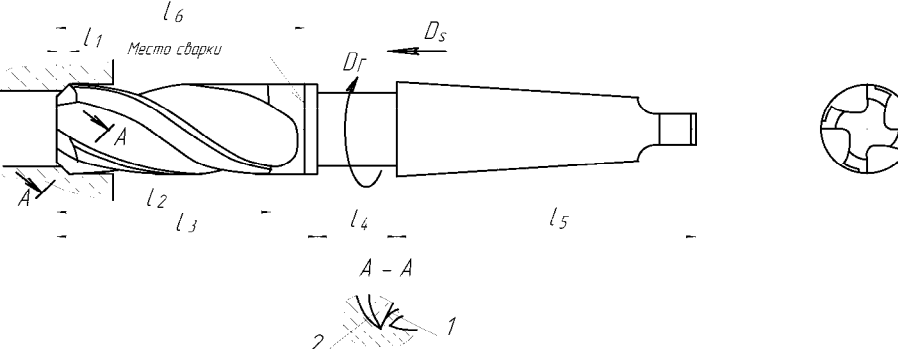
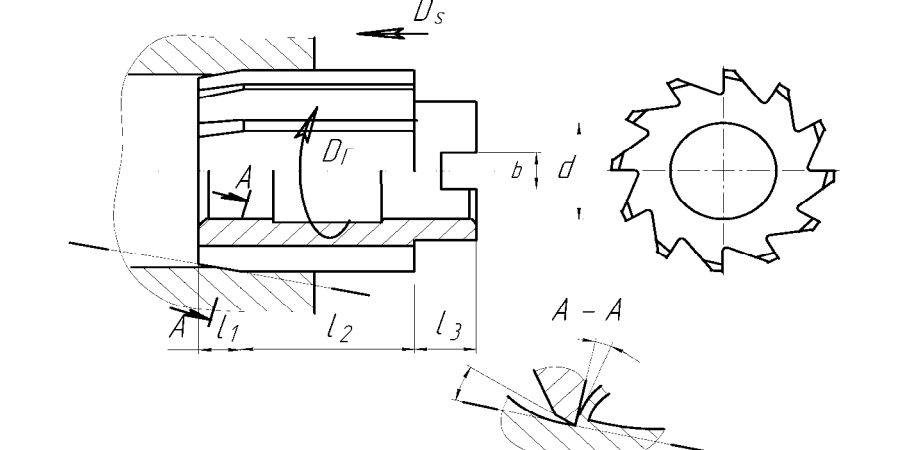
Работа включает изучение общих сведений о конструктивных и геометрических параметрах металлорежущего инструмента, нахождение частей конкретного реального инструмента и указания этих частей и углов на эскизе режущего инструмента с использованием статической системы координат (см. работу 1.4) в виде принятых условных обозначений; составление отчета.

Работа может проводиться только после выполнения работы 1.4.

Последовательность выполнения работы

1. Актуализируйте знания о типах режущих инструментов по работе 1.4 и учебнику «Технология конструкционных материалов» [1].
2. Получите у преподавателя для изучения реальный режущий инструмент. Определите по учебнику [1] тип режущего инструмента и определите по табл. 2.7 номер задания, соответствующий полученному инструменту.
3. Нарисуйте на черновике эскиз инструмента и все приведенные в задании виды и сечения лезвия с элементами заготовки.

Индивидуальные задания

№ пп	Вид инстру- мента. Дополни- тельное за- дание	Эскиз инструмента
1	2	3
1	Сверло спиральное. Найти и обозначить: – вспомогательную секущую плоскость, – углы α' и φ'.	
2	Зенкер спиральный. Найти и показать угол φ.	
3	Развертка насадная. Найти и показать угол φ.	

1	2	3
4	Сверло центровочное.	
5	Резец круглый фасонный.	
6	Сверло для глубокого сверления. Найти и обозначить: – вспомога- тельную се- кущую плос- кость; углы α' и ϕ' .	
7	Фреза цилиндриче- ская.	

1	2	3
8	Фреза концевая.	
9	Фреза фасонная дисковая.	
10	Фреза торцовая. Найти и обозначить: – вспомога- тельную се- кущую плос- кость, – углы α' и ϕ' .	
11	Фреза грибковая.	

1	2	3
12	Фреза дисковая трехсторонняя. Найти и обозначить: – вспомогательную секущую плоскость, – угол α'.	
13	Метчик.	
14	Протяжка.	

1	2	3
15	Долбяк.	

4. Воспользовавшись показанными на эскизе движениями резания (D_r , D_s), определите положения и обозначьте следы координатных плоскостей P_{vc} , P_{nc} , $P_{\tau c}$ в статической системе координат.

Примечание. С целью упрощения рисунков индекс «с», характеризующий использование для определения углов инструмента статической системы координат, на эскизах табл. 2.7 при обозначении координатных плоскостей и углов не указан. Можно этот индекс не указывать и при оформлении отчета по индивидуальному заданию.

5. Найдите на инструменте режущую, рабочую и крепежные части, а на заготовке – обрабатываемую, обработанную поверхности и поверхность резания; обозначьте их цифрами соответственно 1, 2, 3 и т.д.

6. Найдите лезвия инструмента и определите их число z .

7. Укажите и обозначьте на эскизе арабскими цифрами главную (главные) и вспомогательную (вспомогательные) режущие кромки.

8. В сечении инструмента главной секущей плоскостью P_{τ} обозначьте передний γ и главный задний α угол. Найдите, воспользовавшись определением (см. работу 1.4), главный угол в плане ϕ и обозначьте его на эскизе.

9. Найдите и обозначьте цифрами поверхности стружечных канавок.

10. Для сборного и составного режущих инструментов найдите и обозначьте части, выполненные из инструментального материала (места пайки или сварки составного инструмента выделены на эскизах заданий).

11. Выясните по литературе и демонстрационным стендам лаборатории и опишите способ закрепления инструмента на станке, нарисуйте эскиз установки и закрепления инструмента.

Содержание отчета

1. Наименование работы.

2. Номер и формулировка индивидуального задания.

Индивидуальное задание: «Определить наименование режущего инструмента, найти его части и указать на эскизе конструктивные и геометрические элементы».

3. Название и назначение режущего инструмента.

4. Эскиз инструмента с условными обозначениями составных частей, элементов лезвия и их расшифровкой текстом вне эскиза (в соответствии с пунктами раздела «Последовательность выполнения работы»).

5. Материал рабочей и крепежной частей инструмента, особенности конструкции, способ крепления инструмента на станке.

6. Технологические возможности метода обработки данным инструментом (разновидности форм обработанных поверхностей, достижимая точность обработки и получаемая шероховатость поверхности).

2.3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Цель работы: знания о структуре и элементах технологического процесса изготовления детали, последовательности разработки технологического процесса и технологической документации; умения разрабатывать структуру технологического процесса изготовления простейших деталей и составлять несложные технологические эскизы и учебные технологические карты.

Общие сведения

Изделия получают из материалов и полуфабрикатов в результате осуществления разнообразных работ, которые составляют в целом производственный процесс.

Производственный процесс определяют как совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления продукции.

В производственном процессе выделяют основную и вспомогательную деятельность человека. Основная деятельность и реализуемые в ходе ее процессы связаны непосредственно с изготовлением деталей, изменением формы, размеров и свойств предмета труда, а вспомогательные – обеспечивают возможность изготовления продукции без непосредственного воздействия на предмет труда. К этой части производственного процесса относят транспортирование заготовок и уже готовых изделий, их складирование и хранение, контроль деталей, изготовление приспособлений и инструмента и т. д.

Часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) последующему определению состояния предмета труда, называют **технологическим процессом**. Таким образом, при реализации технологического процесса происходит изменение химических и (или) физических свойств материала, форм, размеров, качества поверхности, внешнего вида заготовки и превращение ее в связи с этим в готовое изделие. В техпроцесс включен также контроль его качества.

Технологический процесс механической обработки заготовки состоит из последовательных, выполняемых на разного типа оборудовании работ, которые называют технологическими операциями.

Технологическая операция – законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте (или с использованием одной технологической системы). В зависимости от технологического метода механической обработки различают операции, выполняемые на токарных, фрезерных, сверлильных и других группах металлообрабатывающего оборудования (приложение 1). Название операции дается по наименованию станка, на котором выполняется конкретная работа и записывается в технологической документации именем прилагательным в именительном падеже. Например, операцию, выполняемую на токарно–револьверном станке любой модели, называют «токарно–револьверной».

Технологическая операция является основным элементом технологического процесса. На основе выделения операций становится возможным определить:

- перечень и количество необходимых станков;
- перечни и количество режущих, вспомогательных и измерительных инструментов;
- перечень приспособлений для установки и закрепления заготовки;
- необходимое количество рабочих и их квалификации;
- время, необходимое для изготовления, и, в конечном итоге, стоимость продукции со сроками ее изготовления;
- другие технико-экономические показатели изготовления продукции.

Технологическим операциям в рамках технологического процесса изготовления детали дают номера, проставляемые в технологической документации арабскими цифрами, начиная с цифры «00», через пять единиц: операции 00, 05, 10, 15 и т. д. Под номером «00» ставят заготовительную операцию, проводимую с целью получения заготовки. Содержание операции описывают предложением с указанием в нем перечня выполняемых работ, обрабатываемых поверхностей и их размеров. Например: сверлить 4 сквозных отверстия с последующим зенкованием фасок, выдерживая $d = 10^{+0,2}$ и фаски $1 \times 45^\circ$ согласно чертежу.

В структуре технологической операции выделяют установы, позиции, переходы, рабочие и вспомогательные ходы (ГОСТ 3.1109–82).

Часть технологической операции, выполняемую при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки, называют **установом**. Введение в технологический процесс *установов* необходимо тогда, когда на заготовке нужно в рамках одной операции обработать несколько поверхностей, расположенных на заготовке с различных сторон, что не позволяет это сделать при одном закреплении заготовки. Для этого заготовку придется переустанавливать в приспособлении в другое положение.

Например, на рис. 2.2 показана схема фрезерной операции, выполняемой за два установка. При первом установе фрезерованию подвергают основание 1 заготовки. Затем заготовку раскрепляют, поворачивают на 180° и устанавливают уже обработанной плоскостью на горизонтальную поверхность машинных тисков. После закрепления (второй установ) фрезеруют плоскость 2 заготовки.

Позиция – фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной заготовкой совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной

части операции. Выделение позиций в рамках данной работы не предусмотрено.

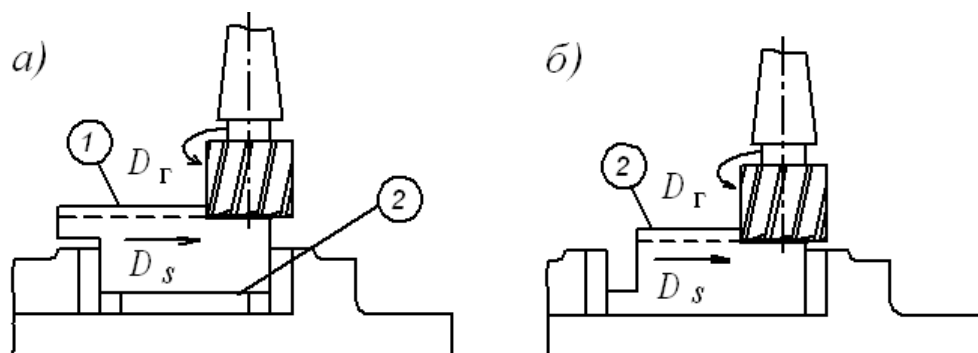


Рис. 2.2. Эскизы выполнения фрезерной операции за два установка

Технологический переход – законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения (станок, инструмент, приспособления) при постоянных технологических режимах и установке.

Проще говоря, обработка при одном установе одной поверхности заготовки, а затем – другой соответствует в структуре технологической операции новому технологическому переходу. Аналогично этому, обработка одной и той же поверхности последовательно одним или разными инструментами при измененных режимах резания описывается двумя технологическими переходами. Это относится, например, к последовательной черновой и чистовой обработке поверхности.

Например, для обработки втулки, представленной на рис. 2.3 при одном закреплении заготовки – прутка нужно выполнить на токарной операции (токарный станок) последовательно пять технологических переходов: 1-й переход (рис. 2.3, а) – подрезать торец прутка подрезным резцом; 2-й переход (рис. 2.3, б) – точить наружную поверхность диаметра d проходным упорным резцом; 3-й переход (рис. 2.3, в) – точить диаметр D проходным резцом; 4-й переход (рис. 2.3, г) – сверлить отверстие спиральным сверлом; 5-й переход (рис. 2.3, д) – отрезать заготовку отрезным резцом.

Название перехода описывают предложением с глаголом в повелительном наклонении и указанием наименования обрабатываемой поверхности, конструктивных элементов и их размеров.

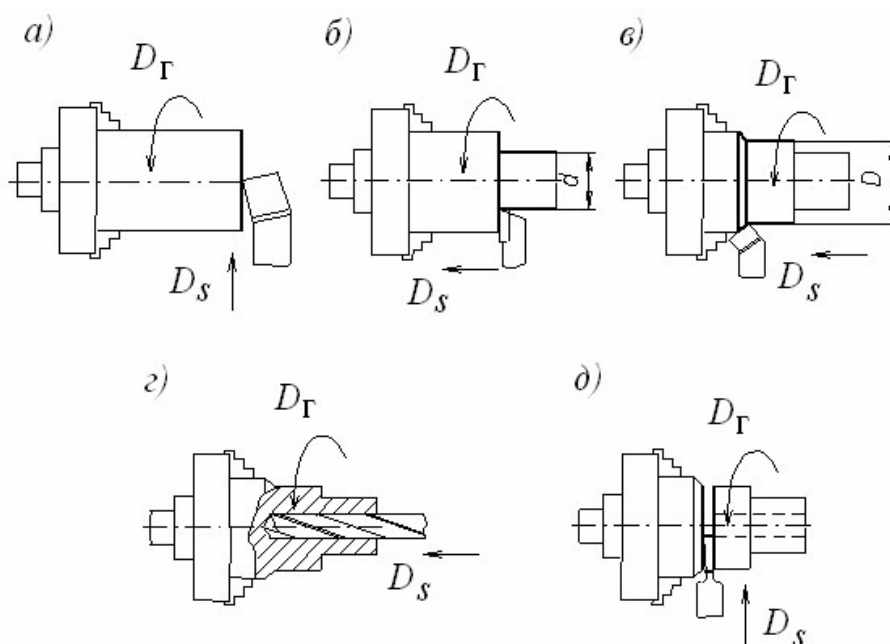


Рис. 2.3. Эскизы технологических переходов
токарно-револьверной операции

В структуре технологического процесса кроме технологических переходов выделяют **вспомогательные переходы**. Вспомогательный переход – законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением формы, размеров и шероховатости поверхности, но необходимы для выполнения технологического перехода. К вспомогательным переходам относят, например, установку и снятие заготовки со станка, работы по замене режущего инструмента, перемещение рабочего узла станка в заданную позицию и подобные этим работы.

Вспомогательные переходы чередуются с соответствующими технологическими переходами, создавая общую последовательности переходов в рамках операции с номерами в технологической документации в виде арабских цифр: 1, 2, 3 и т. д.

В зависимости от размера снимаемого припуска одну и ту же поверхность можно обработать за одно перемещение режущего инструмента в направлении движения подачи или за несколько его повторных перемещений. В последнем случае при каждом движении инструмента в направлении движения подачи снимают не весь припуск. Законченную часть технологического перехода, состоящую из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождающуюся изменением формы,

размеров, качества поверхности и свойств заготовки, называют *рабочим ходом*.

Возврат инструмента для подготовки к новому рабочему ходу соответствует введению в структуру технологической операции еще одного элемента под названием *вспомогательный ход*.

Основы проектирования технологических процессов механической обработки заготовок

Изготовлению изделия предшествует широкий круг работ, называемых в совокупности технологической подготовкой производства. Одной из существенных составляющих технологической подготовки производства является разработка технологических процессов для всех деталей, входящих в конструкцию данной машины. При разработке каждого технологического процесса преследуют следующие основные цели:

- обеспечение заданного качества изделия;
- выполнение всех технических требований на изделие при минимальных затратах времени и средств.

Разработка технологического процесса изготовления изделия – задача весьма сложная, трудоемкая и многовариантная. Она включает в себя выделение технологических операций и назначение их последовательности, определение структуры операций, выбор режущего, измерительного и вспомогательного инструментов для каждой операции, ее элементов, выбор оборудования (станков) и приспособлений, назначение режимов резания, расчет технико-экономических показателей изготовления детали и оформление полученных результатов в виде технологической документации.

Выбор оптимальных решений по структуре и содержанию технологического процесса определяется конструкцией детали, ее конфигурацией, габаритами, маркой материала, из которой изготовлена деталь. Одним из решающих факторов, определяющим возможность принятия того или иного решения, является размер партии изготавливаемых деталей или тип производства изделия: единичный, мелкосерийный, серийный, крупносерийный, массовый.

Необходимая точность размеров и взаимного расположения поверхностей на изготовленной на основе разработанного технологического

процесса детали достигается в значительной степени оптимизацией последовательности операций и правильным расположением или точнее – базированием заготовки на станке на каждой операции и на каждом установе. **Базированием** называют придание заготовке требуемого положения относительно выбранной системы координат станка или важнейших его узлов.

Базирование реализуют с помощью ориентации поверхностей, линий или точек заготовки, называемых **базами**, относительно основных поверхностей станка или закрепленного на нем приспособления. Закрепление заготовки следует осуществлять только после того, как она будет ориентирована (реализовано базирование) на станке.

Точность обработки в значительной степени определяется также точностью базовых поверхностей заготовки. Поверхности, полученные литьем или горячей штамповкой, не обеспечивают необходимую точность базирования. Поэтому такие поверхности, называемые черновыми базами, можно использовать в качестве базы только один раз на первой операции, когда на заготовке еще нет обработанных поверхностей. Из тех же соображений на первой операции нужно стремиться обработать поверхности, которые будут служить базой на последующих операциях.

Разработка технологического процесса реализуется на основе подготовки ряда текстовых и графических технологических документов. К основным текстовым документам относят маршрутную, операционную карту и карту контроля. Важнейшим графическим технологическим документом является карта операционного эскиза. В качестве учебного документа в учебном процессе используют упрощенную технологическую документацию по типу таблиц, использованных в работах 1.1, 1.2 и др.

Разрабатывая технологический процесс изготовления детали, необходимо в целом придерживаться следующей последовательности:

- изучить чертеж детали и установить размер партии изготовления;
- определить тип производства;
- выбрать вид заготовки и метод ее получения;
- произвести разметку чертежа детали, пронумеровав все поверхности, подвергаемые механической обработке;
- выбрать в соответствии с рекомендациями табл. 2.6 для каждой из пронумерованных поверхностей требуемое количество технологических

переходов (черновой, получистовой, чистовой переходы) и для каждого перехода – технологический метод обработки;

Таблица 2.6

Глубина резания и получаемые точность и шероховатость при различных видах обработки

Вид обработки	Глубина резания, t , мм	Шероховатость поверхности, Rz , мкм	Квалитет точности
Точение:			
черновое	8	320–40	14–16
получистовое	0,5–2	40–10	11–13
чистовое	0,2–0,5	10–3,2	6–10
Фрезерование:			
черновое	8–10	320–40	14–16
чистовое	0,5–2	40–10	8–13
Строгание:			
черновое	8–10	320–40	14–16
чистовое	0,5–2	40–6,3	8–13
Сверление и рас- сверливание	0,5 ($D_{св} - d_{отв}$)	80–20	13–14
Зенкерование	0,5–3	20–10	11–12
Развертывание:			
получистовое	0,15–0,5	10–3,2	9–10
чистовое	0,05–0,25	3,2–0,8	6–8
Шлифование:			
черновое	0,3–0,5	20–6,3	8–11
чистовое	0,03–0,1	6,3–0,8	6–7
тонкое	0,005–0,01	0,8–0,1	5–6

– составить из выбранных таким образом переходов их общую последовательность, т. е. технологический маршрут изготовления детали, предусматривающий последовательную черновую, затем получистовую, чистовую и отделочную обработку поверхностей заготовки;

– выделить в рамках технологического маршрута технологические операции, включающие группы технологических переходов, реализация которых возможна на одном виде оборудования непрерывно;

- для каждой технологической операции назначить технологическое оборудование, формируя таким образом название операции;
- разработать последовательно структуру каждой из технологических операций с выделением ее установов, технологических и вспомогательных переходов, рабочих и вспомогательных ходов;
- выбрать поверхности, по которым заготовка будет базироваться и закрепляться в приспособлении для каждой из операций и каждого установа;
- назначить перечни приспособлений для закрепления заготовки, режущего и вспомогательного инструментов; выбрать контрольно-измерительный инструмент;
- назначить режимы резания по каждой технологической операции и технологическому переходу;
- разработать технологическую документацию.

В порядке примера реализации намеченной последовательности на рис. 2.4 представлен чертеж детали «Винт», а в табл. 2.7, названной нами технологической картой, приведены сведения о структуре технологического процесса ее изготовления и требуемой технологической оснастке. Контур используемой для изготовления заготовки – прутка дан на чертеже рис. 2.4 пунктирной линией.

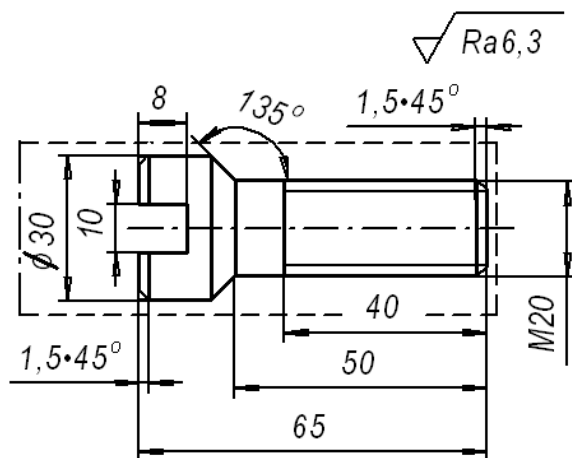


Рис. 2.4. Чертеж детали «Винт»

В графе 4 табл. 2.7 приведены технологические эскизы обработки заготовки на каждой операции. На эскизах заготовку показывают в том положении, в котором она закреплена на станке во время обработки при виде спереди, и проставляют только те размеры, которые выполняются на

данной операции. Режущий инструмент показывают схематично в конце рабочего хода, если он не мешает восприятию сути выполняемого действия.

Полный пример зарисовки и правила разработки операционного эскиза представлены в разделе 1.1 пособия и на рис. 1.12, б.

В табл. 2.7 приведены названия операций (столбец 3) и их содержание (установы, технологические переходы). Установы нумеруют большими буквами русского алфавита, например *А, Б, В* и т. д., технологические и вспомогательные переходы строго в их общей последовательности – арабскими цифрами.

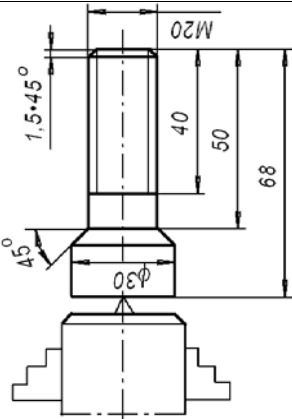
Если при черновой обработке припуск превышает 8–10 мм, то его делят на два (иногда и более) рабочих хода. При чистовой обработке, для получения высокой точности и высокого качества поверхности, припуск делят на несколько частей, если он превышает 2 мм. Для получения отверстия заданного качества точности необходимо кроме перехода, на котором согласно табл. 2.6 получается такая точность, предусмотреть все предыдущие – черновые или получистовые переходы. Например, для получения отверстия 8-го качества точности необходимо последовательно выполнить сверление, зенкерование и получистовое развертывание, а для 7-го качества точности – сверление, зенкерование, получистовое и чистовое развертывание.

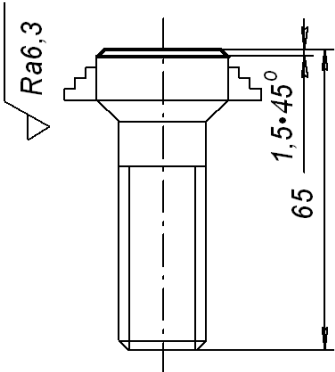
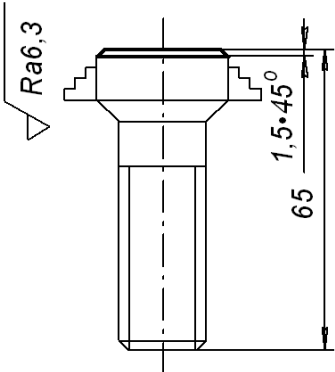
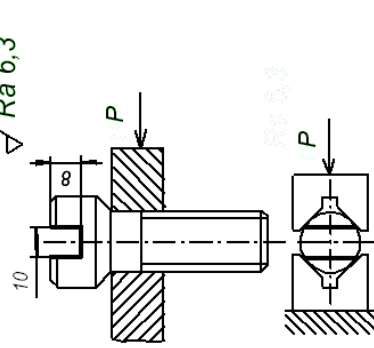
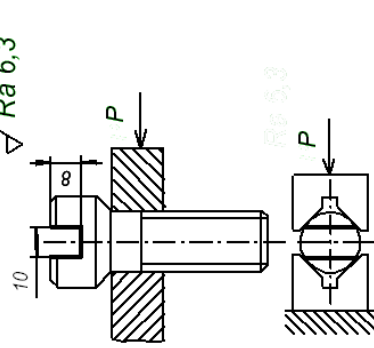
В графе 9 таблицы 2.7 приводят полные наименования используемых на соответствующих операциях станков, режущих инструментов и приспособлений.

Содержание работы

Работа включает изучение структуры, элементов и методики проектирования технологического процесса; разработку технологического процесса изготовления конкретной детали и оформление учебной технологической документации для заданных типа производства и вида заготовки; составление отчета.

Технологическая карта механической обработки детали «Винт»

Но- мер опе- ра- ции	Наимено- вание и модель станка	Наимено- вание операции	Технологический эскиз операции	Номера		Содержание переходов	Число рабо- чих ходов	Режущий инструмент, приспособ- ления
1	2	3	4	5	6	7	8	9
05	Токарно- винторез- ный, модель 16К20	Токарно- винторез- ная		A	1	Установить и закрепить заготовку		Трёхлуча- ковый само- центрирую- щийся патрон
				2		Подрезать торец «как чисто»	1	Подрезной резец
				3		Точить поверх- ность $d = 30$ мм на длину 70 мм	1	Проходной резец
				4		Точить поверх- ность $d = 20$ мм на длину 50 мм.	2	Проходной резец
				5		Точить фаску $1,5 \times 45^\circ$	1	Проходной резец
				6		Нарезать резьбу $M20$ на 40 мм	1	Плашка M20

1	2	3	4	5	6	7	8	9
05 (продолжение)	Токарно-винторезный, модель 16K62	Токарно-винторезная		A	7	Отрезать заготовку в размер 68 мм	1	Отрезной резец
				B	8	Раскрепить, переустановить и закрепить заготовку		Трехлучковый са-моцентри-рующий па-трон
					9	Подрезать торец в размер 65 мм	1	Подрезной резец
					10	Точить фаску 1,5x45°	1	Проходной резец
					11	Раскрепить, снять заготовку		
10	Горизонтально-фрезерный станок модели 6Н82	Горизонтально-фрезерная		A	1	Установить и закрепить заготовку		Машинные тиски, установочные призмы
					2	Фрезеровать паз шириной 10 мм, глубиной 8 мм	1	Фреза дисковая
					3	Раскрепить, снять заготовку		
15		Контроль-ная				Контролировать размеры детали		

Последовательность выполнения работы

1. Изучите разделы «Общие сведения» и «Основы проектирования технологических процессов» данной работы.

2. Проверьте свои знания о токарных, фрезерных, сверлильных и других технологических методах обработки заготовок по материалам работ 1.1, 1.2, 1.3, 1.9, 1.10, 2.1, применяемом инструменте и оборудовании.

3. Получите индивидуальное задание от преподавателя на разработку технологического процесса изготовления детали по таблице 2.8.

4. Изучите чертеж детали, установите партию ее изготовления и тип заготовки.

5. Перерисуйте чертеж детали на отдельный лист и пронумеруйте обрабатываемые поверхности в соответствии с примером (см. рис. 1.12, б).

6. Разработайте структуру технологического процесса, выделив технологические операции, установы, технологические и вспомогательные переходы, и определите число необходимых рабочих ходов при обработке конкретных поверхностей. Работу выполните, консультируясь с преподавателем, в последовательности, представленной в разделе «Основы проектирования технологических процессов».

Примечание. Поиск оптимального варианта структуры технологического процесса, а также выделение позиций в структуре технологических операций в рамках данной лабораторной работы не могут быть осуществлены, так как это требует дополнительных к указанным в разделе «Общие сведения» теоретических основ [11, 12].

7. Разработайте технологические эскизы на выделенные операции и установы.

8. Оформите технологическую карту на разработанный технологический процесс изготовления детали (по форме табл. 2.7).

9. Составьте отчет по работе.

Содержание отчёта

1. Наименование работы.

2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания.

Таблица 2.8

Индивидуальные задания

№ п.п.	Эскиз детали с припусками на обработку	Размеры детали										
		l , мм	l_1 , мм	l_2 , мм	d , мм	d_I , мм	d_2 , мм	h , мм	h_1 , мм	h_2 , мм	b , мм	
1												
1		60	40	20	15	—	—	40	15	25	35	
2		80	60	30	20	—	—	60	20	40	40	
3		100	80	40	25	—	—	80	20	50	40	
4		110	—	—	—	25	20	—	45	30	—	
5		120	—	—	—	30	15	—	40	25	—	
6		130	—	—	—	—	30	25	—	40	30	—

№ п.п.	Эскиз детали с припусками на обработку	Размеры детали												
		l , мм	l_1 , мм	d , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	h , мм	b , мм	m	z				
7	2x45° 3 фаски H p φ Ra0,32 b H8 √ Ra3,2(√) H14, h14	30	10	20	50	64	22,8	6	2	30				
8		40	20	36	50	131	39,3	10	2,5	45				
9		70	50	45	70	256	48,3	14	8	30				
№ п.п.	Эскиз детали с припусками на обработку	Размеры детали												
		l , мм	l_1 , мм	l_2 , мм	l_3 , мм	l_4 , мм	d , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	d_3 , мм	d_4 , мм	h , мм	b , мм	
10	2x45° 2 фаски H p φ Ra0,32 b (IT9) √ Ra6,3(√) A-A H14, h14, ±IT 14/2	60	10	20	30	20	50	30	40	5	60	43,3	12	
11		75	12	25	35	25	55	35	45	6	65	43,8	14	
12		80	15	30	40	30	60	40	50	6	70	53,8	14	

Индивидуальное задание: «Разработать технологический процесс изготовления детали «....» для единичного типа производства, составить технологическую карту процесса и разработать операционные эскизы (по заданию преподавателя)».

3. Чертёж детали согласно индивидуальному заданию с нумерацией изготавливаемых поверхностей по форме рис. 1.12, б.

4. Тип заготовки и метод ее изготовления.

5. Технологические маршруты изготовления отдельных поверхностей детали (по форме табл. 2.9).

Таблица 2.9

Технологические маршруты изготовления поверхностей детали «...»

Номер поверхности	Вид выполняемой работы	Требования к поверхности		Названия технологических переходов	Режущий инструмент
		качество	Ra , мкм		
1	2	3	4	5	6
1				1.1. ...	
				1.2.	
				1.3.	
2				2.1.	

6. Развернутый технологический маршрут изготовления детали в виде последовательности технологических переходов.

7. Перечень технологических операций и применяемого оборудования (по форме табл. 2.10).

Таблица 2.10

Технологические операции изготовления детали «...»
и применяемое оборудование

Номер технологической операции	Обрабатываемые поверхности	Технологическое оборудование	Название технологической операции	Установы	Технологические переходы (номера, содержание)
05					
...					

8. Операционные эскизы (по указанию преподавателя).
9. Технологическая карта изготовления детали «...» (по форме табл. 2.7).

2.4. ПОКРЫТИЯ, ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ВЫБОР МАРКИ ПОКРЫТИЯ

Цель работы: знания видов покрытий, их технических и эксплуатационных характеристик, технологий нанесения лакокрасочных и гальванических покрытий; умения выбирать по целевому назначению вид лакокрасочного или гальванического покрытия и метод его нанесения; правильно обозначать покрытия в технической документации.

Общие сведения

Классификация покрытий и их назначение. Детали машин и приборов контактируют друг с другом и с окружающей средой своими поверхностями, к свойствам которых предъявляют специфические требования, зачастую не обеспечиваемые свойствами материала детали. Так, к той или иной поверхности изделия или даже ко всему изделию могут предъявляться требования особой химической устойчивости, износостойкости, высокой отражательной способности, высокой электропроводности и т. д. Известные конструкционные материалы во многих случаях такими свойствами на требуемом уровне не обладают. Иногда же экономически более выгодно изготовить деталь из дешевого конструкционного материала, а свойства поверхности обеспечить нанесением специального покрытия.

Современный уровень развития машиностроения во многом определяется развитием технологий нанесения покрытий и их свойствами.

Все покрытия в зависимости от наносимого материала делят на:

- органические (лакокрасочные, полимерные, растительные, смолы, живая ткань);
- металлические;
- неметаллические и неорганические (химические соединения – оксидные, фосфатные, силикатные и др.).

Во многих случаях наиболее оптимальным является нанесение комбинированного покрытия, состоящего из нескольких слоев.

По назначению покрытия подразделяют на:

- защитные, обеспечивающие устойчивость объекта при взаимодействии с внешней средой;
- защитно-декоративные, улучшающие кроме защитных свойств внешний вид изделия;
- специальные, служащие для изменения физических свойств поверхностных слоев изделия (повышения микротвердости, изменения коэффициента трения, изменения оптических, магнитных, электрических и других свойств поверхности).

Лакокрасочные покрытия. Лакокрасочные покрытия отличаются дешевизной, простотой нанесения и надежностью. Они нашли применение в качестве защитных и защитно–декоративных покрытий. В настоящее время более 80 % всех металлических изделий защищают лакокрасочными покрытиями.

Для получения хорошего защитного эффекта и внешнего вида обычно используют системы покрытий (рис. 2.5), (табл. 2.11), применяя послойно вещества, обладающие повышенной адгезией к покрываемой основе (грунты), вещества для выравнивания поверхности (шпаклевки или шпатлевки), защитные и декоративные составы (эмали, краски, лаки). Шероховатость внешней поверхности многослойного лакокрасочного покрытия не зависит от шероховатости покрываемой поверхности, так как выравнивается за счет шпаклевки, а в ряде случаев и за счет полирования верхнего слоя.

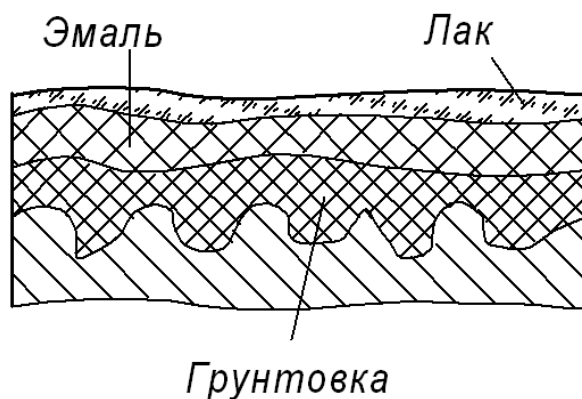


Рис. 2.5. Схема лакокрасочного покрытия на заготовке из стали

В зависимости от назначения (условий эксплуатации) покрытия по ГОСТ 9.032–74 делят на группы, перечень которых приведен в таблице 2.12.

Таблица 2.11

Системы (слои) лакокрасочных покрытий на металлах

Защитно–декоративные покрытия		Защитные и специальные покрытия		
поверхности отливки, штамповки в состоянии поставки с $Rz > 12,5$ мкм	поверхности с шероховатостью $Rz \leq 12,5$ мкм	цветные и черные металлы	цветные и черные металлы при эксплуатации внутри помещения	цветные металлы при эксплуатации внутри помещения
Грунт, шпаклевка, эмаль (краска) в 2–3 слоя, лак	Грунт, эмаль (краска), 2–3 слоя	Грунт, эмаль (краска), 2–3 слоя	Эмаль	Лак

Таблица 2.12

Группы покрытий и условия эксплуатации

Группа покрытий	Условия эксплуатации	
	характеристика	обозначение (группа покрытия)
1	2	3
Атмосферостойкие *	Умеренный климат	У
	Умеренный и холодный	УХЛ
	Холодный	ХЛ
	Тропический	Т
	Морской	М
	Все районы, кроме очень холодного	В
Водостойкие	Пресная вода	
	Морская вода	
Маслобензостойкие	Минеральные масла и смазки	
	Бензин и керосин	
	Агрессивные газы, пары	

Группа покрытий	Условия эксплуатации	
	характеристика	обозначение (группа покрытия)
1	2	3
Химически стойкие	Растворы кислот	
	Растворы щелочей	
Термостойкие	Температура эксплуатации выше 60°C	
Электроизоляционные и электропроводные	Электроизоляционные	
	Электропроводные	
Специальные	Холод ниже – 60°C	
	Открытое пламя	
	Биологические факторы	
	Рентгеновское или другое излучение	

* Примечание. К обозначению атмосферостойкого покрытия добавляется цифра, характеризующая условия работы изделия с покрытием:

- 1 – на открытом воздухе;
- 2 – под навесом или в помещении со свободным доступом воздуха;
- 3 – в закрытых помещениях;
- 4 – в кондиционированных помещениях;
- 5 – в помещениях с повышенной влажностью.

Внешний вид окрашенной поверхности определяется ее классом, который в соответствии с ГОСТ 9.032–74 оценивают твердостью, прочностью на удар, проницаемостью, блеском, наличием местных дефектов в виде рисок, вмятин, пузырей.

Все покрытия делят на 7 классов, обозначаемых римскими цифрами от I до VII, характеризующими постепенное снижение требований к качеству покрытия. Естественно, что чем выше качество покрытия, тем лучше должна быть подготовлена поверхность под покрытие. Она должна быть обработана механически с определенной шероховатостью, или зашпаклевана и после высыхания слоя шпаклевки зачищена абразивной обработкой до указанной в таблице 2.13 шероховатости.

Таблица 2.13.

Требования к шероховатости поверхности
для различных классов покрытия

Класс покрытия	Нормы шероховатости, R_z , мкм					
	гладкие однотонные покрытия					рельеф- ные покрытия
	высоко- глянце- вые	глянце- вые	полу- матो- вые	мато- вые	рисун- чатые молот- ковые	матовые
I	4	4	—	4	—	—
II	6,3	6,3	6,3	6,3	20	20
III	10	10	10	10	80	80
IV	80	80	80	80	80	80
V	—	320	320	320	320	320
VI	—	Не нормируются				
VII	—					

Обозначение покрытий. Характеристики покрытия записывают в следующем порядке:

- обозначение материала внешнего слоя покрытия по ГОСТ 9825–73 или слоев покрытия, последовательно, начиная с внешнего слоя;
- класс покрытия;
- обозначение условия эксплуатации.

Далее даются некоторые примеры обозначения покрытий.

«Эмаль МЛ–152 синяя, II, У1: покрытие эмалью, по классу II, эксплуатируется в умеренном климате, на открытом воздухе.

Эмаль ХС–710 серая. Лак ХС-76.IV.7/2: покрытие эмалью с последующей лакировкой по классу IV, эксплуатируется в условиях воздействия кислот.

Грунтовка ФЛ–03к коричневая, VI, У3: покрытие грунтовкой по классу IV, работает в условиях закрытого помещения с естественной вентиляцией в условиях умеренного климата».

Если лакокрасочному покрытию предшествует металлическое или неметаллическое неорганическое покрытие, то в обозначении их разделяют

дробью, где в числителе помещают обозначение предшествующего покрытия, а в знаменателе – лакокрасочного:

«Кд.6 / Эмаль ВЛ-515 красная. III. 6/2: поверхность предварительно покрывается кадмием, толщиной 6 мкм, а далее окрашивается эмалью по классу III, предназначено для эксплуатации в условиях воздействия нефтепродуктов».

Выбор лакокрасочного покрытия ведется на основе рекомендаций специальной литературы и накопленного опыта эксплуатации изделий в подобных условиях. Ориентировочные рекомендации по выбору некоторых лакокрасочных покрытий представлены в табл. 2.14.

Таблица 2.14

Устойчивость лакокрасочных покрытий в различных средах
и примеры применения

№ п/п	Материал покрытия и примеры обозначения	Характеристика устойчивости покрытия	Область применения
1	2	3	4
1	Масляные: краска масляная МА–011	Покрытия атмосферостойкие, неустойчивы к воздействию масла, бензина керосина. Имеют низкие декоративные свойства.	Деревянные строения, деревянная тара.
2	Глифталевые: эмаль ГФ–245	Уступают пентафталевым эмалям по атмосферостойкости, но превосходят их по маслостойкости	Кузова и узлы малолитражных автомобилей, корпуса приборов.
3	Пентафталевые: эмаль ПФ–115	Покрытия высокой атмосфероустойчивости	Вагоны, трамваи, троллейбусы, автобусы, сельскохозяйственные машины.
4	Полиакриловые: эмаль АК–71, лак АК–113	Устойчивы в условиях повышенной влажности и температуры без воздействия солнечной радиации	Кожухи приборов и аппаратов из стали или цветных металлов.

№ п/п	Материал покрытия и примеры обозначения	Характеристика устойчивости покрытия	Область применения
1	2	3	4
5	Эпоксидные: эмаль ЭП-74, лак ЭП-513	Устойчивы в морской и пресной воде, растворах щелочей; неустойчивы к солнечной радиации	Электротехническое оборудование, декоративная отделка корпусов приборов из черных и цветных металлов, стеклопластика, пластмасс.
6	Поливинилацетальные: эмаль ВЛ-515	Устойчивы к воздействию горячей пресной и морской воды, бензина, масла, нефти.	Защита деталей из черных металлов от воздействия горячей воды: емкости для воды, гидроарматура.
7	Полиэфирные: эмаль ПЭ-225, лак ПЭ-214	Устойчивы к воде и нефтепродуктам.	Высококачественная отделка мебели, машин и приборов, эксплуатируемых внутри помещений.
8	Нитроцеллюлозные: эмаль НЦ-216, лак НЦ-221	Эмали и лаки для покрытия изделий из дерева и металла, эксплуатируемых внутри и вне помещений.	Станки, приборы, мебель, кузова автомобилей.
9	Битумные: лак БТ-99, мастика 580	Устойчивы к действию пресной и морской воды, неустойчивы к солнечной радиации и нефтепродуктам.	Защита от действия воды: поверхности баков, нижние поверхности кузовов автомобилей.

Лакокрасочные материалы разрабатывают для конкретных условий применения, и выбор их должен производиться как исходя из местных

условий эксплуатации изделий (табл. 2.15), так и с учетом экономических показателей получения покрытий этого вида.

Таблица 2.15

Стойкость основных видов лакокрасочных покрытий в условиях воздействия различных агрессивных сред

Среда	Уровни стойкости покрытий						
	битум- ные	масля- ные	глиф- тале- вые	пен- тафта- лиевые	вини- ловые	нитро- целлю- лозные	эпок- сидные
1	2	3	4	5	6	7	8
Атмо- сферные условия	Н	У	П	П	П	Х	П
Умерен- ный климат	Н	У	П	П	П	Х	П
Тропиче- ский климат	Н	Н	Х	Х	П	У	П
Вода пресная	Х	У	У	У	П	У	П
Вода морская	У	Н	У	У	Х	У	Х
Мине- ральные масла	Н	Н	Х	Х	Х	У	Х
Бензин	Н	П	У	У	Х	Х	П
Кислоты	У	П	У	Н	П	У	Х
Щелочи	Н	Н	Н	Н	У	У	П
Условные обозначения уровня стойкости покрытия: Н – низкая, У – удовлетворительная, Х – хорошая, П – превосходная.							

Металлические и неметаллические неорганические покрытия

Эти покрытия менее распространены по сравнению с лакокрасочными, но благодаря ряду уникальных химических и физических свойств

(твердость, электропроводность, отражательная способность и т. д.) их применение во многих случаях целесообразнее лакокрасочных.

Металлические и неметаллические неорганические покрытия значительно дороже, чем лакокрасочные. Их применяют обычно для мелких и средних деталей. Кроме того, эти покрытия обладают высокими декоративными свойствами. Обозначение такого покрытия в соответствии с ГОСТ 9.306–85 включает:

- обозначение способа обработки основного металла (при необходимости); например: «хп» – химическое полирование, «мп» – механическое полирование, «крц» – крацевание (обработка металлическими щетками);
- обозначение способа получения покрытия (табл. 2.16);
- материал покрытия (табл. 2.17);
- минимальная толщина покрытия или пределы ее изменения, мкм;
- обозначение электролита или раствора, из которого следует получать покрытие (при необходимости);
- обозначение функциональных или декоративных свойств покрытия (при необходимости); например: «б» – блестящее, «зк» – зеркальное, «тв» – твердое, «м» – молочное и др.;
- обозначение дополнительной обработки (при необходимости); например: «прм» – промасливание, «опл» – оплавление, «прп» – пропитка (лаком, клеем и т.д.).

Таблица 2.16

Обозначение технологических методов нанесения
металлических и неметаллических неорганических покрытий

Методы получения покрытия		Обозначение
группа	подгруппа	
1	2	3
Термические методы	горячий (в расплаве)	Гор
	вжигание	Вж
	наплавка	
Термомеханические	контактный	Кт
	контактно–механический	Км
	плакирование	Пк
	детонационный	

Методы получения покрытия		Обозначение
группа	подгруппа	
1	2	3
Гальванические	химический	Хим
	катодное восстановление	–
	анодное окисление	Ан
Газотермические	термическое напыление	ГОСТ 9.304–87
	газопламенный	
	газодуговой	
	пламенный	
	детонационно–газовый	
Вакуумные	термический	
	газофазный	
	ионноплазменный	
	диффузионный	Диф
	конденсационный	Кон
	катодное распыление	Кр

Таблица 2.17

Обозначение материала гальванического покрытия

Состав покрытия	Обозначение	Состав покрытия	Обозначение
Железо	Ж	Серебро	Ср
Золото	Зл	Хром	Х
Кадмий	Кд	Цинк	Ц
Медь	М	Окисное	Окс
Никель	Н	Фосфатное	Фос
Олово	О		

Примеры обозначений наиболее распространенных гальванических покрытий и области их рационального применения приведены в таблице 2.18.

Таблица 2.18

Рекомендации по выбору некоторых химических и гальванических покрытий

Вид покрытия и примеры обо- значения	Характеристика покрытия	Примеры применения
1	2	3
Хим. Окс. прм	Химическое окисное с про- масливанием (черное и бле- стящее)	Стальные детали, ра- ботающие в масле, или в условиях сухой атмо- сферы. Покрытие де- коративное, но имеет не высокие защитные свойства.
Ан.Окс.хром	Анодно-окисное с хромати- рованием (обработкой хромо- вым ангидридом)	Детали из алюминие- вых сплавов. Покрытие обладает защитными и декоративными свой- ствами
Хром.15	Хромовое, молочное, толщи- ной 15 мкм	Поверхности деталей, работающих на трение.
Х6.тв	Хромовое, толщиной 6 мкм, твердое	Покрытие имеет деко- ративные свойства
Хим.Фос.прм	Химическое фосфатное с пропиткой маслом (черное)	Стальные детали, под- лежащие окраске, заго- товки перед волочени- ем, накатыванием резь- бы (для снижения тре- ния), работающие в масле.
Кд.21.хр	Кадмиевое, толщиной 21 мкм, с хроматированием (толщина слоя менее 1 мкм)	Стальные детали, ра- ботающие в условиях влажной атмосферы, тропического климата

Вид покрытия и примеры обо- значения	Характеристика покрытия	Примеры применения
1	2	3
М.6	Медное, толщиной 6 мкм	Детали, подвергаемые пайке. В основном покрытие медью используется в качестве подслоя при покрытии никелем, хромом
М24.Нд15.Х6.б	Трехслойное: медь 24 мкм, никель двухслойный 15 мкм, хром 6мкм, блестящее	Стальные детали, работающие в агрессивной атмосфере, покрытие имеет высокие декоративные свойства
М.6.О.3	Оловянное с подслоем меди	Детали, подвергаемые пайке
Н12.б	Никелевое, толщиной 12 мкм	Слесарно-монтажный инструмент
О.15	Оловянное, толщиной 15 мкм	Стальные тонкие листы для консервной тары (белая жесть), детали подвергаемые пайке
Ц.12.хр	Цинковое толщиной 12 мкм с хроматированием	Детали машин, работающие в сухих условиях (пружины, метизы); стальные листы (оцинкованное железо) для использования в атмосферных условиях умеренного климата

Технологии нанесения покрытий

Технология нанесения покрытия любого типа на поверхность заготовки включает в себя три тесно взаимосвязанных по содержанию и

последовательности этапа: подготовку поверхности под покрытие, нанесение покрытия, последующую обработку (отделку) покрытия. Содержание каждого из этих этапов определяется типом наносимого вещества, исходным материалом заготовки, условиями будущей эксплуатации изделия и рядом других факторов.

Подготовку поверхности заготовки производят с целью удаления дефектов поверхности, заусенцев, грата, создания требуемой шероховатости поверхности. От качества подготовки поверхности во многом зависят качество покрытия, прочность его соединения с поверхностью изделия и декоративные свойства изделия.

Обработка нанесенного покрытия должна устранить или, по крайней мере, снизить отрицательные последствия процесса нанесения покрытия на работоспособность изделия. К таким отрицательным последствиям относят:

- насыщение поверхности атомарным водородом;
- пористость получаемого покрытия;
- возникновение растягивающих остаточных напряжений в покрытии;
- снижение усталостной прочности основного материала;
- увеличение шероховатости поверхности после покрытия.

Технологии нанесения лакокрасочных покрытий.

Подготовка поверхности к покрытию. Для снижения шероховатости поверхности при нанесении лакокрасочных покрытий применяют абразивную зачистку или гидроабразивную обработку. Для удаления заусенцев и грата чаще всего используют галтовку или электрохимическую обработку.

Удаление окалины, ржавчины эффективно производится песко- и дробеструйной обработкой или зачисткой иглофрезами.

Непосредственно перед нанесением покрытия производится обезжиривание поверхности заготовки, которое осуществляют в щелочных растворах или в органических растворителях. Процесс обезжиривания значительно интенсифицируется при применении ванн с ультразвуковыми колебаниями растворителя.

В ряде случаев для повышения адгезии покрытия и поверхности металлического изделия производят специальную химическую или гальваническую подготовку поверхности, например фосфатирование, анодирование, оксидирование.

Для усиления защитного эффекта стальные детали перед лакокрасочным покрытием иногда покрывают цинком, кадмием или никелем.

Нанесение покрытия. В зависимости от заданной структуры покрытия технология его нанесения может включать грунтование, шпаклевание, шлифование шпаклевки, окрашивание, лакирование и отделку покрытия.

Грунтование производят с целью создания хорошей адгезии покрытия с поверхностью заготовки и последующими слоями покрытия.

Шпаклевание применяют для выравнивания поверхности. Этот метод характеризуется высокой трудоемкостью как нанесения, так и последующего выравнивания поверхности с помощью шлифования. Шпаклевание способно существенно улучшить внешний вид изделия, но снижает защитную способность покрытия, поэтому для поверхностей, находящихся в агрессивных средах, этот метод покрытия не применяется. Шпаклевание часто применяют при отделке литых корпусов машин, так как оно позволяет скрыть дефекты поверхностей отливок и придать машине оптимальные декоративные качества.

Окрашивание осуществляют: воздушным распылением, распылением в электрическом поле, окунанием, струйным обливом, безвоздушным распылением, нанесением полимерных порошковых красок во взвешенном слое, окраской валиками или кистью. Выбор метода окрашивания зависит от типа производства, размеров и формы заготовки.

Окрашивание распылением краски на мельчайшие частицы сжатым воздухом наиболее распространено. Этот технологический метод покрытия позволяет наносить краску равномерно, без потеков даже в труднодоступных местах сложных по форме заготовок.

Способ окрашивания требует применения специальных окрасочных камер и вытяжных устройств, так как образующийся туман краски и пары растворителя токсичны и взрывоопасны. При распылении краски в электрическом поле частицы краски, приобретая заряд в распылителе, осаждаются на заготовку, имеющую электрический заряд противоположного знака. При этом сокращаются потери краски, но возможно окрашивание только простых по форме заготовок, так как частицы краски не проникают во внутренние полости заготовки.

Если производить распыление краски в вакуумной камере, то снижается расход краски, резко улучшаются условия труда, улучшается качество

покрытия за счет отсутствия газовых пузырей и быстрее происходит процесс сушки покрытия.

Способы окрашивания *обливанием* или *окунанием* отличаются простотой, легко автоматизируются. Их применяют для мелких и средних деталей. При реализации этих методов иногда возникают натеки покрытия, которые могут быть устранены интенсивными механическими воздействиями после окунаания, например, встряхиванием, вибрацией или вращением заготовки.

Широко применяемым способом в настоящее время становится нанесение сухих полимерных красок *методом оплавления*. При реализации этого метода нагретую заготовку помещают в порошкообразную среду, интенсивно перемешиваемую сжатым воздухом (псевдокипящий слой). Частицы полимера плавятся на поверхности заготовки и образуют на ней сплошную прочную пленку.

Сушка покрытия. Сушку заготовок с покрытием осуществляют в специальных камерах. Источником нагрева покрытия может быть обдув горячим воздухом или облучение мощными лампами. При сушке производится удаление летучих веществ (растворителей) из красок или лаков. В некоторых случаях нагрев покрытия необходим для ускорения процессов полимеризации в покрытии, например, при нанесении эпоксидных эмалей.

Отделку покрытия применяют в случае особо высоких декоративных требований. Она включает обычно абразивную зачистку промежуточных слоев покрытия с последующим полированием лакового слоя специальными пастами. При этом используется автоматизированное оборудование, промышленные роботы или ручной механизированный инструмент.

Технологии нанесения гальванических покрытий. Количество осажденного металла на участке поверхности заготовки при электрохимическом осаждении зависит от плотности тока и времени обработки. Так как плотность тока в электролите всегда неравномерна, что связано с различными расстояниями до разных участков заготовки от анода, повышенной напряженностью электрического поля у острых углов заготовки, рассеивающей способностью электролита, различной его температурой и концентрацией в разных участках ванны, то на поверхности заготовки толщина слоя покрытия также будет неравномерна (рис. 2.6, а).

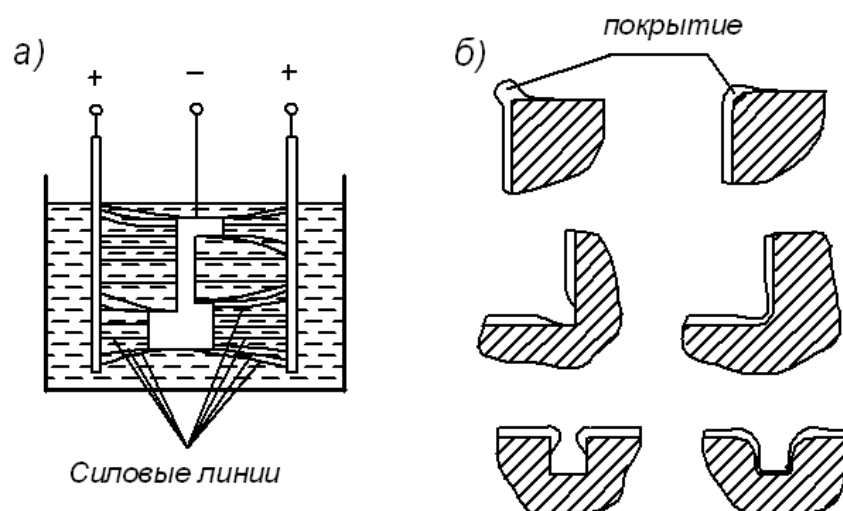


Рис.2.6. Схема образования гальванического покрытия

Поэтому на острых наружных углах заготовки происходит значительно большее осаждение покрытия, а острые внутренние углы могут вообще оказаться непокрытыми (рис.2.6, б). Внутренние же полости изделия могут экранироваться от протекающего через электролит тока выступающими наружными поверхностями заготовки. Поэтому при проектировании детали машины, в которой предполагается наличие поверхностей с гальваническим покрытием, следует учитывать рекомендации специальной литературы.

Для обеспечения равномерности покрытия применяют профилированные катоды, повторяющие профиль заготовки и обеспечивающие равномерную плотность тока на всей покрываемой поверхности, применяют также экранирующие аноды и катоды, вспомогательные аноды.

При разработке специальных электролитов для гальванических покрытий в их состав вводят вещества, повышающие рассеивающую способность электролита, т. е. способность обеспечить равномерную плотность тока на поверхности заготовки при различном расстоянии участков ее поверхности от анода.

Содержание работы

Работа включает: изучение видов лакокрасочных и неметаллических и неорганических покрытий, их характеристик и технологий нанесения покрытий; определение вида покрытия на детали по образцу, его описание; выполнение задания по подбору вида лакокрасочного и (или) металлического и

неметаллического неорганического покрытия изделия для выполнения конкретных эксплуатационных функций, подготовку отчета.

Последовательность выполнения работы

1. Изучите теоретический материал о покрытиях, их характеристиках, технологиях нанесения.
2. Получите у преподавателя изделие с нанесенным на его поверхности покрытием и чертеж изделия с условным обозначением покрытия.
3. Опишите внешний вид покрытия, употребляя общепринятые технические термины из области понятия «покрытие» (металлическое, оксидное, органическое, блестящее, матовое, молочное, глянцевающее и т. д.).
4. Используя материал раздела «Общие сведения» данной работы, охарактеризуйте назначение покрытия, его свойства, последовательность его нанесения, включая требуемую подготовку поверхности.
5. Предложите альтернативные варианты покрытий для описываемого Вами изделия.
6. Получите индивидуальное задание и выберите марку лакокрасочного или гальванического покрытия для указанного в задании изделия. Приведите его обозначение. Укажите последовательность подготовки поверхности и нанесения покрытия.
7. Подготовьте отчет по работе.

Индивидуальные задания

Содержание индивидуального задания: «Назначить вид лакокрасочного и (или) металлического и неметаллического неорганического покрытия изделия для выполнения конкретных эксплуатационных функций».

Перечень индивидуальных заданий.

1. Выберите марку лакокрасочного покрытия для указанного в задании вида поверхности, схему его нанесения и обозначьте покрытие в соответствии со стандартом.
 - 1.1. Наружная поверхность корпуса редуктора транспортера, работающего в условиях механического цеха.
 - 1.2. Внутренняя окраска бака для отстоя загрязненной воды, образующейся при мойке автомобилей.
 - 1.3. Сварная опора линии электропередач, расположенной в тропических условиях.

1.4. Сварная опора линии электропередач, расположенной в северо-западном регионе России.

1.5. Кузов грузового автомобиля.

1.6. Кузов легкового автомобиля.

1.7. Кузов спортивного автомобиля.

1.8. Станина металлорежущего станка.

1.9. Ограждение металлорежущего станка.

1.10. Наружные поверхности металлического ангара для складирования металлопроката в заводских условиях.

1.11. Наружная поверхность металлического гаража, установленного в центральной полосе России.

1.12. Внутренняя поверхность стального бака для хранения питьевой воды.

1.13. Поверхность деревянного ограждения опасной зоны механического цеха.

1.14. Металлический кожух и станина лазерного разрезного станка, работающего в условиях не отапливаемого помещения.

1.15. Поверхности наружная и внутренняя цистерны поливальной машины.

2. Предложите химическое или электрохимическое покрытие и приведите его обозначение для указанных далее в заданиях 2.1– 2.15 видов поверхностей деталей машин:

2.1. Детали мебельной фурнитуры (петли, ручки, стяжки, винты...).

2.2. Крепежные детали металлорежущих станков.

2.3. Крепежные детали приборов, эксплуатирующихся в тропических условиях.

2.4. Поверхности валов, работающих в морской воде.

2.5. Поверхности валов насосов для пресной воды.

2.6. Рукоятки машин, контактирующие с руками человека–оператора.

2.7. Поверхности стальной ванны для промывки деталей в керосине.

2.8. Поверхности стальной ультразвуковой ванны для промывки деталей в воде.

2.9. Оправки для крепления фрез и другого инструмента на металлорежущем станке.

- 2.10. Державки токарных резцов.
- 2.11. Провода для высокочастотных катушек индуктивности.
- 2.12. Поверхности контактов разъемов аппаратуры ракетной установки.
- 2.13. Поверхности контактов разъемов персональной ЭВМ.
- 2.14. Отражательные поверхности автомобильных фар.
- 2.15. Металлические наружные поверхности огнестрельного оружия.

Содержание отчета

- 1. Наименование работы.
- 2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания.
- 2. Эскиз изделия с нанесенным покрытием, описание его вида, назначения, последовательности нанесения и возможных альтернативных вариантов покрытия.
- 3. Выбор покрытия для изделия и обоснование принятого решения в соответствии с индивидуальным заданием.
- 4. Обозначения выбранных покрытий.

3. ДЕМОНСТРАЦИИ

Современное промышленное производство характеризуется многообразием используемых типов и моделей металлообрабатывающего оборудования и инструментов, номенклатуру которых и их технологические возможности должны знать выпускники технических вузов.

Определенное внимание этим вопросам уделяется на лекциях дисциплины ТКМ, в ходе проведения лабораторных работ и на производственных практиках. Однако, этого совершенно недостаточно в связи с ограниченным объемом лекционного материала, сложностью материально-технического обеспечения. По многим специальностям и направлениям подготовки производственные практики ознакомительного типа не предусмотрены учебными планами.

В этих условиях для обеспечения знаний студентов о металлообрабатывающем оборудовании, оснастке и реализуемых на них современных технологиях чрезвычайную значимость приобретает демонстрационный метод, основанный на показе в рамках учебного процесса диафильмов, кинофильмов или их фрагментов с использованием технических средств обучения, в том числе и вычислительной техники. Демонстрации позволяют в ограниченный период времени показать разнообразное оборудование и технологическую оснастку, представить их в реальных производственных условиях с различной степенью детализации, вычленив циклы и особенности его работы. Особую значимость демонстрации такого рода приобретают при изучении студентами автоматизированного оборудования, станков с ЧПУ, гибких автоматизированных производств. Представленные в пособии работы нацелены на решение именно этих задач.

В перечне материально-технического и учебно-методического обеспечения учебного процесса, разработанного Учебно-методическим советом по дисциплине ТКМ, практически полностью отсутствуют материалы подобного типа. Таким образом, вузы должны самостоятельно разрабатывать демонстрационные материалы, руководствуясь имеющейся на предприятиях региона техникой и реализуемой на нем технологиями. В этом аспекте особую значимость представляют методические материалы, раскрывающие аспекты и приемы организации содержания кинофильмов и целостной методики проведения демонстрационного занятия.

Исходя из этого в представленных в практикуме двух работ основное внимание уделено именно содержательным и методическим аспектам демонстрации видов оборудования по основным технологическим методам обработки заготовок, автоматизированного оборудования и реализуемых на этом оборудовании технологий. Показаны направления и приемы активизации деятельности студентов в процессе демонстраций на основе создания проблемных ситуаций, методики сочетания коллективной и индивидуальной форм учебной работы, организации самостоятельной домашней работы студентов по демонстрационному материалу с использованием дополнительной литературы.

3.1 ДЕМОНСТРАЦИЯ ТОКАРНЫХ, ФРЕЗЕРНЫХ, СВЕРЛИЛЬНЫХ РАБОТ И ЭЛЕМЕНТОВ ИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Цель занятия: – знания технологических возможностей обработки заготовок точением, фрезерованием, сверлением, зенкерованием, развертыванием, видов современных режущих инструментов и оборудования для этих технологических методов, способов применения смазочно-охлаждающих средств и удаления стружки;

– умения наблюдать за реализацией технологического процесса обработки заготовки, выделять его специфические моменты;

– формирование наглядно-образного представления о реальных процессах точения, фрезерования, обработки отверстий, об элементах технологической системы и их взаимодействии при обработке, наладке станков на обработку заготовок;

– развитие пространственного и технологического мышления и компетенции в области технологических средств и методов машиностроительного производства.

Содержание работы

Работа включает:

– демонстрацию видеофильма с представлением визуального материала о технологических процессах обработки заготовок точением, фрезерованием, сверлением, зенкерованием, развертыванием;

– постановку перед студентами проблемы в области реализации того или иного элемента технологического метода обработки, основанной на просмотре представленного в видеофильме материала и вычленении тех его аспектов, которые относятся к поиску разрешения проблемной ситуации;

– описание проблемы и представление ее решения в отчете.

Содержание материала видеофильма. Фильм состоит из трех частей, демонстрирующих реальное протекание процессов точения, фрезерования и обработки отверстий на современном металлорежущем оборудовании.

Все части фильма имеют одинаковую структуру:

– схемы обработки заготовок соответствующими технологическими методами;

– классификация применяемого оборудования; современные станки соответствующей технологической группы для различных типов производств;

– технологическая оснастка для реализации данного метода обработки: металлорежущий инструмент, приспособления, контрольно-измерительный инструмент;

– демонстрации обработки различных поверхностей заготовок данным методом обработки с визуальным показом и аудиативным сопровождением параметров качества обработанных поверхностей и характеристик достигаемых режимов обработки.

Методика проведения занятия

Работа проводится после изложения теоретического материала о рассматриваемых методах обработки на лекциях. Возможна организация на базе данной работы нескольких занятий. При этом каждое из таких занятий должно относиться к конкретному технологическому методу обработки заготовок и соответствующей технологической системе.

Структура занятия:

– оценка подготовленности студентов к восприятию материала на основе тестирования знаний – 15 минут;

– вводный инструктаж и выдача индивидуальных заданий студентам в виде проблемных вопросов, требующих поиска ответов на них в ходе

просмотра демонстрируемого видеофильма – 10 минут;

– демонстрация видеофильма с перерывами показа – 30 минут; параллельный текущий инструктаж преподавателя;

– обсуждение просмотренного видеофильма, анализ преподавателем его содержания, коллективный анализ демонстрационного материала и поиск решений на поставленные проблемы, ответы на вопросы студентов – 25 минут;

– инструктаж по содержанию отчета и использованию дополнительной литературы при его подготовке.

Содержание вводного инструктажа. Характеристика данного метода обработки резанием, включающая сведения по обрабатываемым материалам, возможностям формообразования как на универсальном оборудовании, так и на станках с числовым программным управлением, диапазоны габаритов обрабатываемых заготовок, достижимые точность и шероховатость обработанных поверхностей.

Применяемое оборудование, области использования и возможные степени его автоматизации.

Режущий инструмент, его номенклатура и перспективные направления развития режущего инструмента. Особенности установки и закрепления инструмента на станках.

Ограничения возможностей технологического метода по формообразованию заготовок, связанные с его кинематикой и конструкцией режущего инструмента.

Применение оборудования с числовым программным управлением и возможности одновременного управления перемещением по нескольким координатам.

Инструктаж по содержанию и структуре видеофильма, методике его просмотра и фиксации материала в области поставленной проблемы с целью поиска решения и оформления отчета.

Индивидуальные задания

Содержание индивидуального задания: «Ответить на вопросы, поставленные по содержанию видеофильма».

Вопросы должны быть кратки, доступны для понимания, соответствовать уровню исходных знаний студента и отвечать далее перечисленным

специфическим требованиям:

- иметь такое содержание, что ответы на них требовали от студента обращения к содержанию видеофильма;
- носить системный характер в отношении рассматриваемого технологического метода обработки;
- охватывать по содержанию все представленные в видеофильме технологические методы обработки и все элементы технологической системы, в которой реализуется технологический метод обработки;
- требовать от студента внимания к показу видеофильма на протяжении всей демонстрации;
- создавать необходимость для студента в ведении записей по ходу демонстрации;
- иметь в основном репродуктивный характер по отношению к содержанию материала видеофильма;
- требовать для получения ответа обращения студента к учебной литературе, указанной в разделе «Литература» или к материалам работ данного пособия;
- включать один или два проблемных вопроса, нацеленных на формирование новых знаний в ходе разрешения проблемной ситуации;
- требовать от студента ответов с представлением рисунков, схем, видов станков, оснастки, инструментов;
- быть направленными на усиление внимания студентов к практическим аспектам реализации технологических методов обработки.

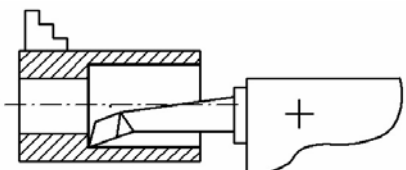
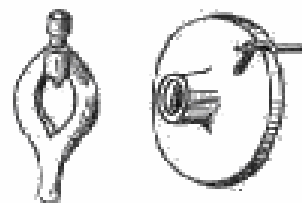
Число вопросов в индивидуальном задании должно быть не менее пяти и быть достаточным для получения объективной оценки усвоения студентом содержания видеофильма и для характеристики конкретного технологического метода обработки.

Индивидуальные задания, представляемые в виде вопросов по содержанию видеофильма, разрабатываются преподавателем на основе конкретного содержания видеофильма в виде перечней вопросов, представляемых студентам.

Пример индивидуального задания по демонстрации токарных, фрезерных работ и технологических методов обработки отверстий представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Пример индивидуального задания

Номер задания	Номер вопроса	Вопрос	Графический материал к вопросу
1	2	3	4
1	1.1	Какие виды поверхностей, изготавливаемых на токарно-винторезных станках, представлены в видеофильме? Дайте название и опишите движения резания, реализуемые при выполнении работы, схема которой дана в столбце 4.	
	1.2	Перечислите типы токарных резцов, представленных в видеофильме и укажите виды работ, которые они выполняют.	
	1.3	Перечислите типы токарных резцов, представленных в фильме, и дополните список теми, которые в соответствии с классификацией металлорежущего оборудования в видеофильме отсутствуют.	
	1.4	Опишите фрагмент фильма, в котором использованы нарисованные приспособления. Дайте их названия, описание методики закрепления заготовки и область использования.	

Номер задания	Номер вопроса	Вопрос	Графический материал к вопросу
1	2	3	4
	1.5	Дайте характеристику методов формирования головки резцов, методов закрепления пластинок из инструментального материала на державке.	
	1.6	С какой целью токарь при обработке партии заготовок применяет упоры? Где и как их устанавливают на станке?	
	1.7	Опишите процесс заточки резца, показанный в видеофильме: тип резца, название станка для заточки, перечень поверхностей, по которым осуществляется заточка. Нарисуйте схему заточки резца по главной задней грани.	
	1.8	Какие элементы технологической системы использованы при выполнении одной из работ по точению заготовки, представленной в видеофильме? Дайте их конкретные названия и функциональное назначение.	

Содержание отчета

1. Наименование работы.
2. Вопросы и исходные материалы для выполнения индивидуального задания: название видеофильма, его реквизиты, эскизы, дополнительные

сведения от преподавателя.

3. Ответы на вопросы.

Требования к оформлению ответов:

- последовательность ответов должна соответствовать последовательности вопросов;
- ответу должна предшествовать формулировка вопроса;
- ответы должны содержать ссылки на использованную литературу;
- ответы должны подкрепляться рисунками, схемами, видами, относящимися к соответствующим технологическим методам обработки.

4. Перечень использованной литературы.

3.2. ДЕМОНСТРАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Цели работы: – знания современных способов автоматизации технологических процессов на основе использования станков с числовым программным управлением (ЧПУ), многооперационных станков (обрабатывающих центров) и гибких автоматических производств; устройств для автоматизации отдельных элементов технологической операции на станках с ЧПУ; технологических возможностей и направлений развития современного металлорежущего оборудования;

– умения наблюдать за технологическими процессами, реализуемыми на автоматизированном оборудовании, вычленять элементы автоматизации, сопоставлять работу автоматизированного и универсального оборудования при выполнении аналогичных операций;

– формирование наглядно-образного представления о работе автоматизированного оборудования различных типов и групп, системах автоматизации, условиях работы станков-автоматов с ЧПУ и гибких автоматических производств (ГАП);

– формирование компетентности в области задач организации и управления современным машиностроительным производством;

– уважение к труду инженеров, создающих автоматизированную технику, и развитие познавательного интереса в учебном процессе по овладению своей будущей профессией.

Содержание работы

Работа включает:

- демонстрацию видеофильма об автоматизации производственных процессов на основе использования станков с ЧПУ различных типов, многооперационных станков, гибких автоматических производств, функционирующих на основе производственных модулей, участков, линий, производственного цеха и завода; элементов автоматизации технологической операции, выполняемой на станках с ЧПУ, и устройств, реализующих эту автоматизацию;
- постановку перед студентами проблемы в области автоматизации того или иного элемента технологической операции на станках с ЧПУ, основанной на просмотре представленного в видеофильме материала, сопоставления увиденного материала с материалом выполненных лабораторных работ на универсальном оборудовании и вычленении тех его аспектов, которые относятся к поиску разрешения проблемной ситуации;
- описание проблемы и представление ее решения в отчете.

Содержание материала видеофильма

Фильм состоит из четырех частей, включающих демонстрации:

- токарных, фрезерных и сверлильно–расточных станков с ЧПУ, их узлов и выполнения технологического процесса по изготовлению детали с использованием этих станков;
- многооперационных станков (обрабатывающих центров) и их работы;
- гибких автоматических производств в виде производственного модуля, производственной линии, участка, завода–автомата и полного цикла изготовления продукции на основе ГАП;
- элементов и устройств автоматизации технологической системы станков с ЧПУ, использованных в рамках демонстрировавшейся технологической операции, при наладке станка, установке заготовки и снятии детали, смене инструмента, наладке инструмента на размер, удалении стружки, транспортировании, складировании и хранении заготовок и деталей, для соблюдения безопасности работы на автоматизированном оборудовании.

Демонстрация *автоматизации установки и снятия заготовки со станка* включает показ методов установки и смены заготовки в условиях автоматизированного и не автоматизированного видов производств, установки и снятия заготовок с использованием промышленных роботов, паллет и транспортеров.

Демонстрация *автоматизации смены инструмента* включает показ методов смены инструмента в условиях автоматизированного и не автоматизированного производств, сравнительных возможностей линейных суппортов, револьверных головок, манипуляторов и магазинов цепного типа.

Демонстрация *автоматизации измерений на станке* включает показ положения режущего инструмента на станках с ЧПУ при автоматизированных измерениях, основных методов автоматизированного измерения положения режущих кромок инструмента, устройств автоматизации измерения на основе контактных и бесконтактных (лазерных) методов; автоматизации измерения размеров заготовки в процессе изготовления детали, средств, интегрированных в обрабатывающее оборудование с ЧПУ, процедур коррекции износа инструмента и возникающих погрешностей в процессе обработки.

Демонстрация *автоматизации кинематики металлорежущих станков* обеспечивает показ кинематических возможностей металлорежущих станков с ЧПУ, систем координат и возможностей интерполяции, видов поверхностей, требующих многокоординатной интерполяции в процессе обработки, обрабатывающих центров с возможностью пяти координатной обработки.

Демонстрация *технологических автоматизированных систем* включает показ работы обрабатывающих центров в условиях единичного и мелкосерийного производств, гибких производственных модулей, их структуры и технологических возможностей, гибких производственных линий, их структуры и выполняемых на них производственных работ.

Методика проведения занятия

Работа проводится после завершения цикла лабораторных работ по изучению универсального металлорежущего оборудования и проведения

лекций по теоретическому материалу в области основ механизации и автоматизации производственных процессов.

Структура занятия:

- актуализация знаний студентов к восприятию материала в области универсального металлорежущего оборудования, основ его автоматизации, штучно-калькуляционного времени на обработку и его элементов, ступеней автоматизации оборудования на основе применения систем ЧПУ – 15 минут;

- вводный инструктаж – 20 минут;

- демонстрация видеофильма с перерывами показа – 30 минут; параллельно демонстрации преподавателем проводится текущий инструктаж;

- обсуждение просмотренного видеофильма, анализ преподавателем его содержания, коллективный анализ демонстрировавшегося материала и поиск решений на поставленные проблемы, ответы на вопросы студентов – 20 минут;

- инструктаж по содержанию отчета и использованию дополнительной литературы при его подготовке – 5 минут.

Содержание вводного инструктажа. Вводный инструктаж преподавателя включает:

- выдачу студентам чертежа детали, демонстрация изготовления которой на токарном, фрезерном и сверлильно–расточном станках с числовым программным управлением, многооперационном станке (обрабатывающем центре) и гибкой автоматической линии будет осуществлена в виде показа видеофильма;

- совместную с преподавателем разработку студентами структур технологического процесса изготовления детали в двух вариантах: последовательно на станках с ЧПУ токарного, фрезерного и сверлильно-расточного типов и на многооперационном станке; оформление этих технологических процессов в виде табл. 3.2;

- характеристику содержания предстоящего видеофильма с акцентированием внимания на перечень демонстрируемого оборудования, структуру видеофильма, особенности демонстрационного просмотра;

- выдачу индивидуальных заданий в виде проблемных вопросов, требующих поиска ответов на них в ходе просмотра демонстрируемого видеофильма.

Таблица 3.2

Структура технологического процесса изготовления детали «.....»
на автоматизированном оборудовании

Операция		Номера и наименования			Вспомогательные операции
номер	наименование	установов	позиций	переходов	
1. Обработка последовательно на станках с ЧПУ токарной, фрезерной и сверлильно-расточной групп (модели)					
05					
2. Обработка на многооперационном станке (модель)					
05					

Индивидуальные задания

Индивидуальное задание студенту включает четыре представленные далее последовательно решаемые задачи.

1. Опишите систему и устройство автоматизации работы узла металлорежущего оборудования с ЧПУ «.....», представленного в видеофильме и использованного при изготовлении детали (задается преподавателем).

2. Подберите тип универсального оборудования, на котором можно осуществить аналогичные операции (технологические или вспомогательные переходы) при изготовлении детали.

3. Опишите различия в наладке сопоставляемых универсального и автоматизированного оборудования для выполнения указанной операции (перехода).

4. Рассмотрите и опишите состав и различия в длительности элементов штучно-калькуляционного времени, затрачиваемых на изготовление детали на универсальном станке и станке с ЧПУ, используя формулы и пояснения к ним, приведенные в работе 1.7.

Перечень конкретных индивидуальных заданий, привязанных к определенному типу автоматизированного оборудования, представленного в видеофильме, разрабатывает преподаватель по примеру табл. 3.3 на основе содержания видеофильма и чертежа детали, изготовление которой

демонстрируется при показе. При подготовке заданий следует учесть требования к ним, их содержанию и формулировкам, приведенные в работе 3.1.

Таблица 3.3

Индивидуальные задания

Номер задания	Тип станка с ЧПУ	Область автоматизации
1	2	3
1	Токарный с ЧПУ модели 16K20Ф3	Автоматизация наладки станка
2		Автоматизация загрузки и снятия заготовки
3		Автоматизация измерения размеров
4		Автоматизация смены инструмента
5		Автоматизация управления режимами резания
6		Автоматизация управления последовательностью работы устройств
7		Автоматизация удаления стружки и обеспечения безопасности работы
8	Вертикально-фрезерный с ЧПУ модели	
9		
10		
11	Вертикально-сверлильный с ЧПУ модели ...	
12		
13		
14		
15	Многооперационный станок модели ...	
16		
17		

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Название, реквизиты и структура видеофильма (части, разделы, темы с соответствующими заглавиями).
3. Чертеж детали, демонстрация изготовления которой представлена в видеофильме.
4. Перечень оборудования с ЧПУ, представленный в видеофильме: наименования, модели станков и их краткая характеристика. Области использования.
5. Структуры технологических процессов изготовления детали на автоматизированном оборудовании по форме табл. 3.2.
6. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания.
 - 6.1. Система (устройство автоматизации) на станке и описание его работы (при необходимости могут быть представлены рисунки, эскизы, фотографии, зарисовки устройств подобного типа, составленные на основе изучения дополнительных литературных источников).
 - 6.2. Универсальный металлорежущий станок и его характеристика, обеспечивающий возможность реализации аналогичных технологических методов обработки (выбирается из оборудования, представленного в рамках различных лабораторных работ данного учебного пособия).
 - 6.3. Состав действий рабочего (оператора) универсального и автоматизированного оборудования по выполнению операции (технологического или вспомогательного перехода), указанного в задании (дается в виде сопоставительной таблицы).
 - 6.4. Штучно-калькуляционное время на изготовление детали (формула, перечень элементов).
 - 6.5. Сравнительное качественное сопоставление составляющих штучно-калькуляционного времени, затрачиваемого на выполнение операции (перехода) на универсальном и автоматизированном оборудовании по форме табл. 3.4 и по приведенному в ней примеру установки и снятия штучной заготовки.
7. Выводы.

Таблица 3.4

Сопоставление состава и затрат по элементам штучно-калькуляционного времени при выполнении операции (перехода)

Последовательность операций (переходов)	Составляющая штучно-калькуляционного времени	Универсальный станок (наименование, модель)		Оборудование с ЧПУ (наименование, модель)		Сопоставительная характеристика
		обозначение составляющей	вид управления	обозначение составляющей	вид управления	
1	2	3	4	5	6	7
1. Установить трехкулачковый патрон	τ_l	τ_{ly}	ручное	τ_{la}	ручное	$\tau_{ly} = \tau_{la}$
2. Установить и закрепить заготовку	τ_2	τ_{2y}	ручное	τ_{2a}	автоматизированное	$\tau_{2y} \geq \tau_{2a}$
3. Раскрепить и снять заготовку	τ_3	τ_{3y}	ручное	τ_{3a}	автоматизированное, ручное	$\tau_{3y} \geq \tau_{3a}$

Примечание. При выполнении индивидуального задания и в ответах на него используйте далее приведенные вопросы, требующие раскрытия тех или иных аспектов автоматизации и работы соответствующих устройств на станках с ЧПУ.

Для описания автоматизации установки и снятия заготовок со станка.

Какие функции должно обеспечить автоматическое устройство для установки заготовки на станке?

Когда возникает необходимость использования устройства для автоматической смены прутковых заготовок?

Из каких устройств получает заготовку промышленный робот?

В каком положении находится заготовка при захвате промышленным роботом?

Какую заготовку забирает промышленный робот из паллеты и куда устанавливает обработанную?

Чем определяется вид захватов промышленного робота для установки и снятия заготовок?

Какие виды захватов промышленных роботов Вы видели в фильме? Нарисуйте схему захвата заготовок валов.

Чем определяется скорость движения промышленного робота для установки заготовки?

В какие виды зажимных устройств устанавливают роботы заготовку?

Сколько степеней подвижности имеют промышленные роботы для установки заготовок?

Для описания автоматизация смены инструмента на металло-режущих станках с ЧПУ.

Чем определяется количество используемых инструментов при обработке заготовки на станке с ЧПУ?

Перечислите средства, используемые для автоматической смены инструментов.

В чем состоят преимущества и недостатки линейных суппортов при использовании их на токарных станках с ЧПУ?

В каких случаях рационально использование инструментальных револьверных головок, и на каких типах станков они используются?

В каких случаях рационально использование станков с магазинами инструментов цепного типа?

Какие механизмы обеспечивают наиболее быструю смену инструмента?

Почему зона расположения магазинов инструментов изолируется подвижными перегородками от рабочей зоны станка?

Сколько инструментов может располагаться в револьверной головке, в магазине?

Перечислите виды инструментов, автоматически заменявшиеся при обработке. Опишите систему их закрепления в рабочем органе станка.

Откуда попадает инструмент в магазин станка с ЧПУ?

Для описания автоматизации измерений на станке.

Какова цель автоматизации измерений инструмента на станке с ЧПУ?

Какова цель автоматизации измерений получаемых размеров заготовки на станке с ЧПУ?

Каковы преимущества и недостатки контактных устройств для измерения положения режущих кромок инструмента?

Перечислите преимущества и недостатки лазерных систем контроля инструмента.

Почему на станке с ЧПУ возможен контроль размеров заготовки контактными индикаторами?

С какой целью на станке с ЧПУ производится контроль положения заготовки в координатах станочной системы?

Можно ли производить подналадку станка по результатам контроля инструмента?

Возможно ли производить автоматическую подналадку станка по результатам контроля размеров получаемой заготовки?

Можно ли производить автоматический контроль исправности инструмента на станке с ЧПУ? Какие системы в этом случае используются?

Возможен ли автоматический контроль профиля фасонного инструмента непосредственно на станке с ЧПУ?

Для описания автоматизации кинематики металлорежущих станков.

В чем отличие механизмов подач универсальных металлорежущих станков и станков с ЧПУ?

По скольким координатам производится интерполяция при обработке заготовок на станке с ЧПУ?

Какие координаты перемещения заготовки и инструмента должны быть связаны при нарезании резьбы резцом на токарном станке с ЧПУ?

При обработке каких поверхностей на фрезерном станке достаточно производить интерполяцию по двум координатам? Нарисуйте примеры таких поверхностей.

При обработке каких поверхностей на фрезерном станке достаточно производить интерполяцию по трем координатам? Нарисуйте примеры таких поверхностей.

При обработке каких поверхностей на фрезерном станке достаточно производить интерполяцию по четырём координатам? Нарисуйте примеры таких поверхностей.

При обработке каких поверхностей на фрезерном станке достаточно производить интерполяцию по пяти координатам? Нарисуйте примеры таких поверхностей.

По скольким координатам позволяют производить перемещение заготовки программно управляемые поворотные столы?

Какие поверхности невозможно обработать на фрезерных станках с ЧПУ даже при интерполяции по пяти координатам?

Какой метод нарезания внутренней резьбы стал возможен только при применении фрезерных станков с ЧПУ? Нарисуйте схему процесса.

Для описания интегрированных технологических автоматизированных систем.

Каковы функции оператора при использовании многоцелевого обрабатывающего центра в условиях единичного и мелкосерийного производств?

Опишите структуру гибкого производственного модуля и функции его элементов.

Опишите структуру гибкой производственной линии и функции ее элементов.

Какие функции выполняют рабочие при применении гибкого производственного модуля?

Каким образом заготовки попадают в паллеты в ориентированном виде?

Какие дополнительные устройства необходимы для построения гибкой производственной линии из гибких производственных модулей?

Какие дополнительные устройства требуются при построении полностью автоматизированного гибкого производства из гибких производственных линий?

От какой программы промышленный робот получает команду на снятие и установку заготовки?

4. УЧЕБНЫЕ МАСТЕРСКИЕ

В группе технологических методов обработки заготовок методу резания отводится особое место. Этот метод в настоящее время является самым распространенным и используемым при изготовлении деталей из всей группы технологических методов обработки заготовок.

Резанием называют процесс снятия с заготовки поверхностного слоя и удаление его в виде стружки. Главные цели обработки резанием состоят в получении детали заданной формы, размеров и качества поверхностного слоя, которое характеризуется чаще всего значениями параметров шероховатости обработанной поверхности.

Группа технологических методов обработки резанием многочисленна. Перечень их определяется разнообразием форм получаемых поверхностей, параметров их точности и шероховатости. К методам обработки заготовок резанием относят технологические методы точения, фрезерования, сверления, зенкерования, развертывания, растачивания и многие другие.

Целью учебных мастерских в изучении методов этой группы является формирование компетентности студентов в области технологических возможностей основных методов обработки резанием и первичных умений по выполнению элементарных действий на наиболее распространенном универсальном технологическом оборудовании.

Данная группа работ практикума по дисциплине «Технология конструкционных материалов» включает ряд практических занятий студентов, выполняемых в учебных мастерских на токарных, фрезерных, сверлильных станках и методами слесарной обработки заготовок.

Изготовление детали на рабочем месте осуществляется путем выполнения рабочим действий, следующих в определенной последовательности. Эта последовательность, представляющая технологический процесс обработки заготовки на станке, оформляется в виде некоторой совокупности документов. Важнейшими из них являются маршрутная, операционные карты и карты эскизов, в которых заданы последовательность, схемы, режим обработки, приспособления и инструмент. Разработку таких документов, называемых технологической документацией, осуществляет технолог. Упрощенная документация изготовления детали, используемая при

проведении учебных мастерских, представлена далее в виде таблицы 4.1, названной нами технологической картой.

Таблица 4.1

Технологическая карта изготовления детали «.....»

Оборудование: токарно-винторезный станок модели 16K20				Размер, мм	Номер варианта	
Чертеж детали					1	2
Заготовка – пруток. Материал:				D		
				d		
						

№ пе- рехода	Содержа- ние пере- хода	Эскиз перехода	Режущий инструмент	Режим резания	Измеритель- ные инстру- менты
1	2	3	4	5	6
1					
2					

Учебные мастерские как вид занятий в дисциплине ТКМ по своей целевой установке решают специфические задачи, отличные от задач других видов практических занятий (см. раздел «Введение»). Эти задачи определяют и их место в системе практикума по ТКМ: они должны предшествовать выполнению лабораторных работ.

В связи с этим, если рабочая программа дисциплины ТКМ предусматривает проведение учебных мастерских, то часть теоретического материала, необходимого для выполнения этого вида практических занятий, должна быть изучена студентами по разделам «Общие сведения», виды токарных (фрезерных, сверлильных) работ и инструмент, устройство токарного (фрезерного) станка, приспособления и наладка оборудования лабораторных работ 1.1, 1.2 и 1.3.

4.1. ТОЧЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ И ТОРЦОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ, КАНАВОК И РАЗРЕЗАНИЕ ЗАГОТОВОК

Цель работы: знания видов токарных работ, режущих инструментов и приспособлений, устройства и назначения токарно–винторезного станка,

умения выбирать метод токарной обработки в зависимости от формы обрабатываемой поверхности, настраивать станок по заданному режиму обработки; первичные навыки точения цилиндрических и торцовых поверхностей, вытачивания канавок и разрезания заготовок на токарно-винторезном станке.

Содержание работы

Каждому студенту предоставляется индивидуальное рабочее место, являющееся определенным участком производственной площади учебных мастерских, на которой размещается токарно-винторезный станок и другие устройства, необходимые для выполнения работы.

В содержание работы входят перечисленные далее действия.

Упражнения в управлении токарным станком. Пуск и остановка электродвигателя станка. Включение и выключение привода главного движения и привода движений подачи. Установка заготовок в трехкулачковом самоцентрирующем патроне и в центрах на оправках. Установка, выверка и закрепление резцов. Упражнения в управлении суппортом (ручное и механическое движения подачи). Упражнение в пользовании штангенциркулем. Снятие пробной стружки на длине 4–5 мм по заданной глубине резания. Контроль размера. Снятие стружки на длине 20–30 мм ручной подачей. Установка резца на глубину резания по лимбу. Точение цилиндрической поверхности детали с механической подачей резца. Контроль размеров. Техническое обслуживание рабочего места. Техника безопасности работы на станке.

Обработка наружных цилиндрических и торцовых поверхностей. Точение цилиндрической поверхности на заданную глубину резания с механической подачей резца при установке заготовки в патроне. Подрезание торца. Проверка обработанных поверхностей штангенциркулем.

Обработка цилиндрических отверстий. Подбор, установка и закрепление сверла в сверлильном патроне и в пиноли задней бабки. Подготовка торцовой поверхности под сверление. Сверление сквозного отверстия. Измерение и проверка отверстия предельным калибром и штангенциркулем.

Точение канавок и разрезание заготовки. Вытачивание наружных канавок прямоугольного профиля на цилиндрической поверхности. Отрезание. Контроль размеров канавок и плоскостности торца детали.

Учебно–практическая работа. Изготовление детали «Заготовка болта» по заданным чертежом параметрам детали и технологической карте, определяющей последовательность обработки заготовки.

Общие правила техники безопасности при работе

Для исключения травматизма и несчастных случаев студент обязан строго соблюдать следующие основные правила техники безопасности.

До начала работы:

1. Привести в порядок одежду: застегнуть обшлага рукавов; заправить одежду так, чтобы не было свисающих концов; убрать волосы под головной убор.

2. Привести в порядок рабочее место: убрать все лишнее подготовить и аккуратно разложить инструменты и приспособления; сложить заготовки в предназначенный для них ящик.

3. Проверить состояние станка: убедиться в надежности крепления ограждающих щитков и заземляющего провода; проверить исправность органов управления станком, действие тормоза.

Обо всех обнаруженных неисправностях доложить учебному мастеру и до их устранения к работе не приступать.

Во время работы:

1. Надежно закреплять инструменты, приспособления и заготовки.

2. Не пользоваться неисправными или значительно изношенными приспособлениями и ключами.

3. На работающем станке не производить установку и снятие заготовок и инструментов, измерение детали, регулировку, чистку и смазку станка.

4. Стружку удалять со станка только специальным крючком, щеткой или скребком.

5. Не облакачиваться на станок и не прижиматься к нему во время работы.

6. Для защиты глаз от стружки работать в очках или пользоваться защитным экраном.

7. Соблюдать порядок на рабочем месте: правильно укладывать заготовки и детали; не загромождать проходы; своевременно убирать стружку; следить, чтобы пол не был залит охлаждающей жидкостью и маслом; под ногами иметь сухую деревянную решетку.

8. Не открывать дверцы и крышки электрошкафов, не производить какую-либо регулировку электроаппаратуры.

9. При появлении искр на деталях станка или ощущении тока при соприкосновении с ним работу прекратить и вызвать учебного мастера для исправления электропроводки.

10. Не оставлять работающий станок без надзора. При любом, даже кратковременном уходе с рабочего места остановить станок.

По окончании работы:

1. Отключить станок от электросети.

2. Привести в порядок рабочее место, убрать и протереть ветошью направляющие станины.

3. Смазать станок.

Обо всех недостатках в работе станка сообщить учебному мастеру.

Последовательность выполнения работы

1. Изучите виды токарных работ, режущий инструмент и приспособления для закрепления заготовки по материалам работы 1.1 данного пособия. Ознакомьтесь с этими элементами технологической системы по демонстрационным стендам.

2. Изучите устройство и назначение токарно–винторезного станка модели 16K20 (см. работу 1.1).

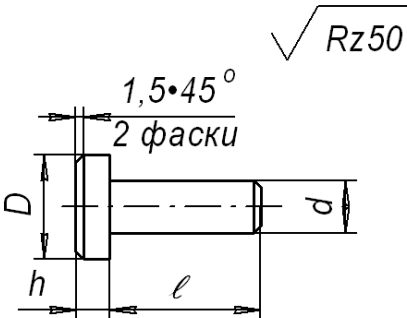
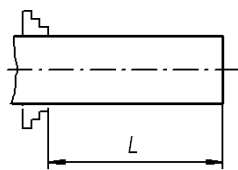
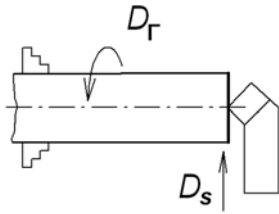
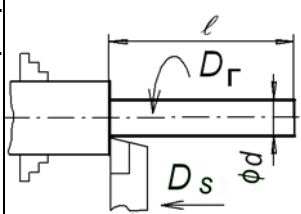
3. Прослушайте вводный инструктаж мастера. Проследите за выполнением на станке учебным мастером следующих токарных работ: точение цилиндрической поверхности, подрезание торца, сверление отверстий, точение канавки и отрезание заготовки.

4. Выполните упражнения по точению цилиндрической поверхности, подрезанию торца, точению канавок и отрезанию заготовки в соответствии с текущим инструктажем учебного мастера.

5. Получите и выполните индивидуальное задание по самостоятельному изготовлению заготовки болта по чертежу и технологической карте, приведенным в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Технологическая карта изготовления детали «Заготовка болта»

Оборудование: токарно-винторезный станок модели 16K20			Размер, мм	Номер варианта		
Чертеж детали: «.....»  Заготовка – пруток. Материал: Сталь Ст 3.				1	2	
				D	20 _{-0,3}	22 _{-0,3}
				d	10 _{-0,2}	12 _{-0,2}
				ℓ	50 ^{+0,4}	50 ^{+0,4}
				h	7 _{-0,3}	8 _{-0,3}
				Диаметр заготовки		25
№ перехода	Содержание перехода	Эскиз перехода	Режущий инструмент	Режим резания	Измерительные инструменты	
1	2	3	4	5	6	
1	Установить и закрепить заготовку.				Линейка, 0–100 мм.	
2	Подрезать торец «как чисто».		Резец проходной отогнутый	t = 1-2 мм, n = 350 об/мин, подача – ручная		
3	Точить поверхность, выдерживая размеры d и l.		Резец проходной упорный	t = 2 мм, n = 350 об/мин, S_o = 0,12 мм/об, число рабочих ходов – i	Штангенциркуль, 0–160 мм.	

№ перехода	Содержание перехода	Эскиз перехода	Режущий инструмент	Режим резания	Измерительные инструменты
1	2	3	4	5	6
4	Точить поверхность, выдерживая размеры D и $h+6$ мм		Резец проходной упорный	$t = 2$ мм, $n = 350$ об/мин, $S_0 = 0,12$ мм/об, число рабочих ходов – i	Штангенциркуль, 0–160 мм.
5	Точить фаску $1,5 \times 45^\circ$		Резец проходной отогнутый	$n = 350$ об/мин; подача – ручная	Штангенциркуль, 0–160 мм
6	Отрезать заготовку, выдерживая размер $h+1$ мм.		Резец отрезной	$n = 250$ об/мин, подача – ручная	Штангенциркуль, 0–160 мм.
7	Раскрепить и снять прутки, переустановить и закрепить заготовку				
8	Подрезать торец, выдерживая размер h		Резец проходной отогнутый	$t = 1$ мм, $n = 355$ об/мин, подача – $S_0 = 0,12$ мм/об	Штангенциркуль, 0–160 мм.
9	Точить фаску $1,5 \times 45^\circ$		Резец проходной отогнутый	$n = 350$ об/мин; подача – ручная	Штангенциркуль, 0–160 мм

№ перехода	Содержание перехода	Эскиз перехода	Режущий инструмент	Режим резания	Измерительные инструменты
1	2	3	4	5	6
10	Раскрепить и снять заготовку.				

6. Проконтролируйте размеры изготовленной детали, сдайте готовую продукцию учебному мастеру и прослушайте его итоговый инструктаж.

7. Выполните отчет в соответствии с индивидуальным заданием.

Содержание отчета

1. Название работы.

2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (см. табл. 4.2).

Задание: «Привести основные характеристики станка 16K20, описать последовательность изготовления детали, привести данные о параметрах режима резания при наладке станка и технологической оснастки, дать результаты измерения размеров изготовленной детали».

3. Характеристика станка 16K20: наименование, модель, технологические возможности, части и узлы станка.

4. Виды движений узлов станка (в виде табл. 4.3).

Таблица 4.3

Узлы станка и параметры их движений

№ пп	Движущийся узел	Вид движения	Назначение движения	Размерность движения

5. Чертеж изготавливаемой детали «Заготовка болта» (по табл. 4.2).

6. Последовательность обработки заготовки.

Дается в виде перечня переходов, записанных в табл. 4.2.

7. Эскиз технологического перехода с указанием получаемого размера и шероховатости поверхности (дается по заданию преподавателя).

8. Перечень применяемых при выполнении технологического перехода приспособлений, режущих и измерительных инструментов.

9. Результаты контроля размеров изготовленной детали, представленные в форме табл. 4.4.

Таблица 4.4

Результаты измерения детали «Заготовка болта»

Размер	D , мм	d , мм	L , мм	h , мм
по чертежу				
действительный				

10. Выводы.

4.2. ТОЧЕНИЕ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБ

Цель работы: знания характеристик конических и резьбовых поверхностей, технологических методов обработки конусов и нарезания резьб, основ наладки токарно-винторезного станка на обработку конусов и нарезание резьб резцами; умения выбирать метод токарной обработки конической поверхности в зависимости от ее размеров, настраивать станок на обработку конической поверхности и на нарезание резьбы резцом; первичные навыки точения конических поверхностей и нарезания метрической резьбы на токарно-винторезных станках.

Общие сведения о конусах

Наряду с цилиндрическими деталями в машиностроении получили широкое распространение детали с коническими поверхностями, например, конусы центров, хвостовиков сверл, зенкеров, разверток, переходных втулок и др.

Конус представляет собой геометрическое тело, поверхность которого получается вращением прямой линии (образующей), расположенной наклонно к оси вращения.

Точка пересечения образующей с осью конуса называется *вершиной*, а плоскости, перпендикулярные к его оси — *основаниями*. Различают полный и усеченный конусы. Полный конус расположен между основанием и

вершиной, усеченный — между двумя основаниями (большим и меньшим).

Конус характеризуется следующими элементами: диаметрами большего D и меньшего d оснований, длиной ℓ , уклоном и углом уклона α между образующей и осью, конусностью и углом конуса 2α между противоположными образующими.

Конусностью называют отношение разности диаметров двух поперечных сечений конуса к расстоянию между ними. *Уклон* — отношение разности радиусов двух поперечных сечений конуса к расстоянию между ними.

Для обработки полного конуса достаточно знать два элемента: диаметр основания и длину; для усеченного конуса — три элемента: диаметры большего и меньшего оснований и длину. Вместо одного из указанных элементов может быть задан угол уклона α , уклон или конусность. В этом случае для определения недостающих размеров пользуются формулами.

Для машиностроительной промышленности стандартами предусмотрен ряд конусов, которые принято называть нормальными. Среди них наибольшее распространение получили инструментальные конусы Морзе семи номеров: от 0 до 6 с конусностью примерно 1:20; конусы отверстий насадных разверток и зенкеров — с конусностью 1:30; конусные отверстия под конические штифты с конусностью 1:50, отверстия для конических резьб, конусность которых равна 1:16, и др.

При обработке конусов, как и цилиндров, необходимо выдержать все требования, предъявляемые к точности обработки: размеры, правильную форму, заданное расположение к другим поверхностям детали и шероховатость в соответствии с техническими условиями рабочего чертежа. Особое требование, характерное для таких поверхностей, — точность формы в продольном направлении, которая обеспечивается прямолинейностью образующей конуса и расположением ее к оси под нужным углом уклона.

Обработка конусов на токарном станке выполняется следующими способами (см. работу 1.1): в смещенных центрах, при повернутых верхних салазках суппорта, при помощи копирной линейки, широким резцом проходного типа. В той же работе представлены основы наладки токарного станка на обработку конических поверхностей этими методами.

При всех способах точения конусов резцы следует устанавливать строго на уровне высоты центров станка. В противном случае возможен брак, так как образующая конуса может получиться криволинейной.

Годность конусов можно определять поэлементно или комплексно.

Первый метод применяют преимущественно при изготовлении конусов невысокой точности. В этом случае каждый элемент конуса измеряют отдельно штангенциркулем, угломером или проверяют шаблоном.

Для измерения углов уклона α или конуса 2α пользуются универсальным угломером. Он предназначен для измерения наружных углов в пределах от 0 до 180°.

Вторым методом — комплексным — пользуются при изготовлении деталей с точными сопрягаемыми коническими поверхностями. Такую проверку выполняют калибрами—втулками и пробками, позволяющими определить точность одного из диаметров и формы конуса. При проверке конического отверстия калибр—пробку вводят в отверстие детали легким нажимом руки. Если диаметр конуса выполнен в пределах допуска, торец детали должен располагаться между контрольными рисками калибра.

Взаимное прилегание поверхностей отверстия и калибра проверяют методом «на краску». Для этого на коническую поверхность калибра карандашом наносят три продольные риски по окружности примерно на равном расстоянии. Затем калибр плотно вводят в отверстие и проворачивают. По характеру истирания рисков судят о годности детали. Форма конуса считается правильной, если риски истираются равномерно по длине. Точность наружного конуса проверяется калибром-втулкой аналогично.

При обработке конусов могут возникать следующие характерные виды брака.

1. Отклонение от прямолинейности образующей конуса. Причины: установка вершины резца выше или ниже линии центров станка.

2. Действительная конусность не соответствует допустимым пределам. Причины: неточный поворот верхних салазок или копирной линейки на угол уклона конуса; неправильное смещение задней бабки; разная длина заготовок или неодинаковая глубина центровых отверстий у них; неправильная установка углового резца.

3. Неверные диаметры конуса при правильной конусности. Причины: неточная длина конического участка детали, ошибки при отсчете

установки резца на размер по лимбу. В некоторых случаях такой вид брака можно исправить подрезкой торца детали.

4. Увеличенная шероховатость поверхности. Причины: неправильно выбрана подача резца или его геометрические параметры, износ режущего инструмента.

Общие сведения о резьбах

Резьба представляет собой винтовую канавку определенного профиля, прорезанную на цилиндрической или конической поверхности. На токарных станках ее выполняют посредством двух согласованных движений — вращения заготовки и поступательного перемещения режущего инструмента вдоль ее оси (см. рис. 1.7).

Применяемые резьбы делят на ряд групп:

по расположению — на наружные и внутренние;

по назначению — на крепежные и ходовые;

по форме исходной поверхности — на цилиндрические и конические;

по направлению винтовой линии — на *правые* и *левые*; у *правых резьб* винтовая канавка имеет направление по ходу часовой стрелки (если смотреть с торца детали), у *левых* — наоборот.

по форме профиля — на треугольные, прямоугольные, трапециевидные, круглые;

по числу заходов — на одно- и многозаходные.

Резьбовая поверхность определяется пятью основными элементами и их размерами: тремя диаметрами — наружным d , внутренним d_v средним d_{cp} (для гайки они соответственно обозначаются через D , D_v , D_{cp}); шагом p ; углом профиля α .

Действующими стандартами предусмотрены следующие виды крепежных резьб с треугольным профилем:

метрические, дюймовые, трубные, конические.

Метрические резьбы — основной вид крепежной резьбы, применяемый в отечественном машиностроении. Все размеры их выражены в миллиметрах, угол профиля равен 60° .

Дюймовые резьбы имеют размеры, выраженные в дюймах, шаг резьбы — числом ниток на 1 дюйм, угол профиля 55° .

Трубные резьбы предназначены для соединения трубопроводов. Они отличаются от дюймовой резьбы более мелким шагом и имеют закругленные вершины профиля.

На станках токарной группы для изготовления резьб используют разнообразный режущий инструмент: резцы, метчики, плашки, гребенки, резьбонарезные головки и др. Чаще всего для этой цели используются резьбовые резцы, метчики и плашки.

Плашки применяют для выполнения наружных резьб треугольного профиля на деталях, к которым не предъявляют высоких требований по соосности резьбы с другими поверхностями. Аналогичную область использования имеют и метчики, но только нарезают они внутренние резьбы.

Резьбовыми резцами выполняют в основном резьбы крупных размеров, резьбы повышенной точности или строго соосные с другими поверхностями детали. Будучи универсальным, этот способ в то же время малопроизводителен. Поэтому им следует пользоваться лишь в случаях, когда другие способы изготовления резьб применить невозможно.

У резцов для наружных и внутренних резьб угол профиля и форма вершины должны строго соответствовать аналогичным характеристикам резьб.

Диаметр стержня под резьбу уменьшают примерно на 0,1 шага по сравнению с наружным диаметром резьбы. В начале резьбового участка протачивают небольшую фаску для притупления захода винтовой канавки.

Диаметр сверла под внутренние метрические резьбы определяют по формуле $d_{св} = D - p$.

Для прочих крепежных резьб диаметр сверла находят по соответствующим таблицам справочника.

Для выхода резца в конце нарезаемых участков делают канавку шириной 2–3 шага резьбы и глубиной немного больше высоты профиля резьбы. В некоторых случаях при выполнении резьбы на болтах и других деталях канавки не делают, а в конце каждого рабочего хода резец быстро отводят назад, получая при этом сбег резьбы.

Наладка станка на нарезание резьбы и методы контроля качества резьб

Особенности наладки токарно-винторезного станка на нарезание резьбы резцом заключаются в специфике установки на станок резьбового

резца, наладке режима резания, в подборе и наладке гитары сменных зубчатых колес 2 (см. рис. 1.10).

Резьбовые резцы при установке в резцедержатель располагают строго на уровне оси центров станка так, чтобы ось профиля была перпендикулярна к оси заготовки. Правильность установки проверяют шаблоном.

Для нарезания резьбы цепь движения подачи токарно-винторезного станка должна быть настроена таким образом, чтобы суппорт за каждый оборот шпинделя перемещался в продольном направлении на шаг резьбы p .

Токарно-винторезные станки настраивают на любой шаг стандартных резьб с помощью коробки подач 3 (см. рис. 1.10) и гитары сменных зубчатых колес 2. Кроме того, в конструкции большинства станков предусмотрена возможность настройки на нарезание резьб с точными шагами и специальных резьб, используя лишь гитару сменных колес. В этом случае вращение от шпинделя 5 на ходовой винт 12 осуществляется через сменные колеса гитары. Настройку выполняют подбором и установкой в гитару сменных колес с рассчитанными числами зубьев.

Винтовую канавку крупных и точных резьб прорежают за несколько черновых и чистовых рабочих ходов. В конце каждого рабочего хода резец поперечным движением быстро выводят из канавки и обратным ходом станка возвращают суппорт в исходное положение.

В процессе нарезания резьбы могут возникнуть различные виды брака, причины которого надо своевременно устранять.

1. Рваная, нечистая резьба. Причины: работа затупившимся инструментом, неправильная заточка инструмента, неправильный выбор смазывающе-охлаждающей жидкости, большая вязкость обрабатываемого металла, завышение скорости резания.

2. Неполная высота резьбы. Причины: большое занижение диаметра стержня или завышение диаметра отверстия под резьбу.

3. Срыв вершин резьбы. Причина: неправильная подготовка поверхностей заготовок под резьбу (неверный выбор их диаметра без учета возможного выдавливания металла в процессе нарезания резьбы).

4. Перекос профиля резьбы. Причина: перекас плашки во время врезания, неправильная заточка или установка резьбового резца.

5. Неправильные диаметральные размеры (завышение или занижение диаметров резьбы). Причины: неправильно выбрана величина переднего угла при заточке инструментов, неправильная настройка резца на средний диаметр резьбы.

Резьба представляет собой сложную поверхность, характеризующуюся несколькими элементами, поэтому для определения точности ее выполнения используют два метода: поэлементный, когда каждый элемент измеряется отдельно, и комплексный, когда контроль всех элементов ведется одновременно.

Шаг резьбы с относительно высокой точностью можно измерить линейкой. Ее располагают вдоль оси детали и измеряют одновременно 10 или 20 шагов, считая вершину начального витка нулевой. Затем полученную величину делят на количество измеренных шагов.

Угол профиля и шаг резьбы можно определить набором резьбовых шаблонов — резьбомером. Резьбомеры выпускаются для метрических резьб с углом профиля 60° и дюймовых — 55° . При проверке к резьбе поочередно прикладывают разные шаблоны и определяют на просвет совпадение профилей резьбы и шаблона.

Комплексный метод контроля осуществляется резьбовыми калибрами — пробками и кольцами.

Резьбовая предельная пробка, используемая для контроля внутренней резьбы, имеет две стороны: проходную ПР и непроходную НЕ. Первая снабжена полным резьбовым профилем и поэтому контролирует основные элементы резьбы, вторая — укороченным профилем на двух-трех витках и контролирует только средний диаметр. Для контроля пробку ввертывают в резьбовое отверстие, при этом проходная сторона должна свободно войти в отверстие, непроходная — не входить в него.

Аналогичный способ контроля наружной резьбы выполняют с помощью комплекта резьбовых колец.

Содержание работы

Работа проводится на токарно-винторезном станке. Каждому студенту предоставляется индивидуальное рабочее место. В содержание работы входят следующие работы.

Точение конических поверхностей. Обработка широким резцом. Обработка путем поворота верхних салазок суппорта. Обработка путем

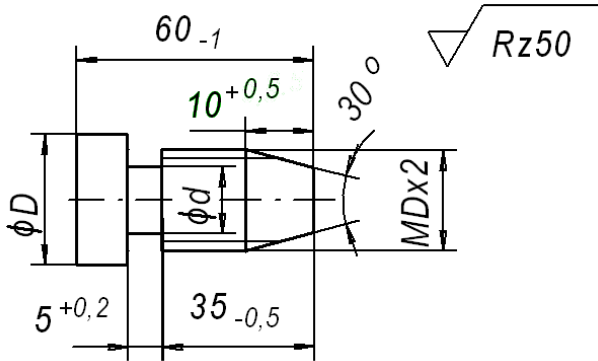
смещения корпуса задней бабки. Контроль конических поверхностей угломером и калибрами.

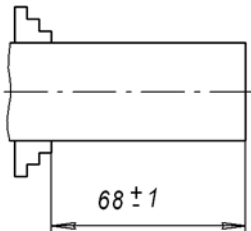
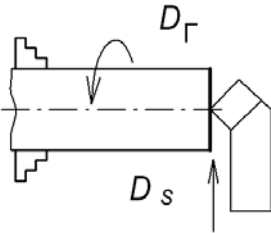
Нарезание резьбы. Подготовка поверхности для нарезания наружной и внутренней резьбы. Схемы установки резца при нарезании резьбы. Проверка и измерение резьбы. Нарезание трапецеидальной и многозаходной резьбы.

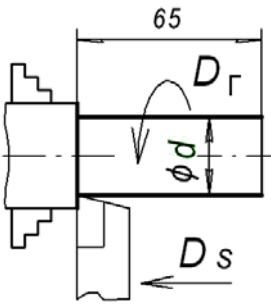
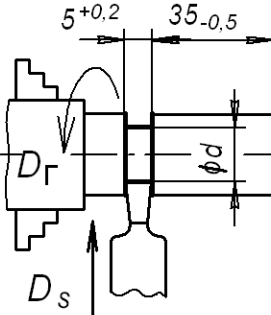
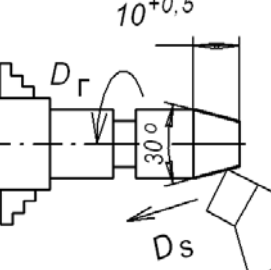
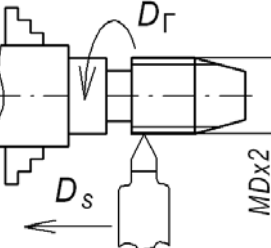
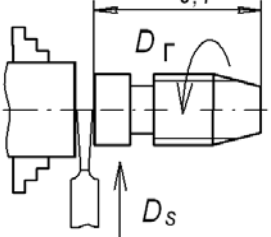
Учебно–практическая работа. Изготовление детали «Ступенчатый валик» по заданным чертежом параметрам детали и технологической карте, определяющей последовательность обработки заготовки (табл. 4.5).

Таблица 4.5

Технологическая карта изготовления детали «Валик»

Оборудование: токарно-винторезный станок модели			Размер, мм	Номер варианта		
Чертеж детали 				1	2	
				D	$42_{-0,3}$	$35_{-0,2}$
				MD	$M42 \times 2$	$M35 \times 2$
Заготовка – пруток. Материал: Сталь Ст 3.			Диаметр заготовки	45	40	

№ перехода	Содержание перехода	Эскиз перехода	Режущий инструмент	Режим резания	Измерительные инструменты
1	2	3	4	5	6
1	Установить и закрепить заготовку.				Линейка, 0–100 мм.
2	Подрезать торец «как чисто».		Резец проходной отогнутый, Т5К10	$t = 1$ мм, $v = 125$ м/мин, подача – ручная	

№ перехода	Содержание перехода	Эскиз перехода	Режущий инструмент	Режим резания	Измерительные инструменты
1	2	3	4	5	6
3	Точить поверхность, выдерживая размеры d и 65 мм.		Резец проходной упорный, Т5К10	$t = 2$ мм, $v = 125$ м/мин, $S_o = 0,12$ мм/об, Число рабочих ходов – i	Штангенциркуль, 0–100 мм.
4	Точить канавку, выдерживая размеры d , $5^{+0,2}$, $35_{-0,5}$.		Резец отрезной, Р6М3	$v = 25$ м/мин, подача – ручная.	Штангенциркуль, 0–100 мм.
5	Точить конус, выдерживая размеры $10^{+0,5}$ и угол 30° .		Резец проходной отогнутый, Т5К10	$t = 1,5$ мм, $v = 125$ м/мин, подача – ручная; число рабочих ходов – i	Штангенциркуль, 0–100 мм; угломер.
6	Нарезать резьбу $MD \times 2$.		Резец резьбовой, Р6М3	$v = 15$ м/мин, $S_o = 2$ мм/об.; $t = 0,5$ мм	Резьбовое кольцо-калибр.
7	Отрезать деталь, выдерживая размер $60_{-0,1}$.		Резец отрезной, Р6М3	$v = 25$ м/мин, подача – ручная	Штангенциркуль, 0–100 мм.

№ перехода	Содержание перехода	Эскиз перехода	Режущий инструмент	Режим резания	Измерительные инструменты
1	2	3	4	5	6
8	Раскрепить, снять заготовку.				

Техника безопасности при нарезании резьб

Кроме общих правил безопасной работы на токарных станках при нарезании резьб необходимо соблюдать дополнительные меры предосторожности.

1. Следует надежно закреплять патрон на шпинделе во избежание самоотвинчивания при реверсировании.
2. Нельзя работать на станке с неисправными или не отрегулированными фрикционной муфтой коробки скоростей и тормозом.
3. Рукоятка переключения направления вращения шпинделя станка должна безотказно действовать и фиксироваться в соответствующих положениях.
4. Нельзя прижиматься к станине во время работы, так как быстро вращающийся ходовой винт может захватить полу халата.

Последовательность выполнения работы

1. Изучите методы обработки конических поверхностей на токарных станках, режущий инструмент и приспособления для закрепления заготовки. Ознакомьтесь со схемами обработки и элементами технологической системы, необходимыми для обработки конусов, по материалам работы 1.1 и демонстрационным стендам.

2. Прослушайте вводный инструктаж мастера. Проследите за действиями учебного мастера по наладке станка на обработку конической поверхности широким резцом, методом поворота верхнего суппорта, смещением задней бабки и за демонстрацией обработки конусов этими методами.

3. Выполните упражнения по точению конусов широким резцом и поворотом верхнего суппорта в соответствии с текущим инструктажем учебного мастера.

4. Получите и выполните индивидуальное задание по самостоятельному изготовлению ступенчатого валика по чертежу и технологической карте, приведенным в табл. 4.5.

5. Проконтролируйте размеры изготовленной детали, сдайте готовую продукцию учебному мастеру и прослушайте его итоговый инструктаж.

6. Выполните отчет по индивидуальному заданию.

Содержание отчета

1. Наименование работы.

2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (см. табл. 4.5).

Задание: «Описать последовательность изготовления детали, привести данные о параметрах режима резания при наладке станка на нарезание резьбы (обтачивание конической поверхности) и технологической оснастке, дать результаты измерения размеров изготовленной детали».

3. Чертеж ступенчатого валика.

4. Последовательность обработки заготовки.

Дается в виде перечня вспомогательных и технологических переходов.

5. Эскиз технологического перехода с указанием получаемого размера и шероховатости поверхности (дается по заданию преподавателя из переходов 5 и 6).

6. Описание последовательности и расчеты для наладки станка на заданный переход:

- определение частоты вращения шпинделя станка $n_{расч}$ по формуле (1.1) и выбор $n_{см}$ по имеющейся на станке таблице;
- назначение подачи S_o (по имеющейся на станке таблице);
- расчет числа рабочих ходов i , необходимых для обработки указанной преподавателем поверхности заготовки.

7. Перечень применяемых при выполнении технологического перехода приспособлений, режущих и измерительных инструментов.

8. Эскизы расположения рукояток коробок скоростей и подач для заданного технологического перехода.

9. Результаты контроля размеров изготовленной детали, представленные в форме табл. 4.6.

Таблица 4.6

Результаты измерения детали

Размер	D , мм	d , мм	MD	Конкретные размеры чертежа				
по чертежу				60 ₋₁	5 ^{+0,1}	35 _{-0,5}	10 ^{+0,5}	30°
действительный								

10. Выводы.

4.3. ФРЕЗЕРОВАНИЕ ПЛОСКОСТЕЙ И УСТУПОВ

Цель работы: знания видов фрезерных работ, режущих инструментов и приспособлений, устройства и назначения вертикально– и горизонтально–фрезерных станков; умения выбирать вид фрезерной обработки в зависимости от формы обрабатываемой поверхности; первичные умения настраивать станок на заданный режим обработки, фрезеровать горизонтальные и вертикальные поверхности и уступы.

Общие сведения

Фрезерование – технологический метод обработки заготовок фрезой. Фреза является многолезвийным инструментом, режущие лезвия которой расположены на поверхностях вращения.

Фрезерование применяют для получения плоских и фасонных поверхностей, прямых и винтовых канавок и некоторых сложных поверхностей типа «шлицы», «зубья зубчатых колес», «шпоночная канавка» и пр. При фрезеровании главным движением резания является вращение фрезы, а движение подачи, как правило, совершает заготовка.

В процессе фрезерования обеспечивается точность размеров не выше 9–10 квалитетов точности и шероховатость поверхностей с параметром Ra до 2,5–5 мкм.

Более подробно вопросы фрезерования (элементы режима резания, виды фрезерных работ и типы фрез, устройство и назначение универсального горизонтально–фрезерного станка модели 6Н82, приспособления, используемые на фрезерных станках, процедуры установки, закрепления фрез и заготовок) изложены в работе 1.2.

По назначению, характеризующему возможными габаритами обрабатываемых заготовок, размерами и формой изготавливаемых поверхностей, точностью обработки, фрезерные станки подразделяют на несколько типов. Среди них наибольшее распространение получили консольные вертикально– и горизонтально–фрезерные станки, различающиеся между собой положением оси шпинделя, на котором закрепляют фрезу. На горизонтально–фрезерном станке шпиндель станка вращается вокруг горизонтально расположенной оси (см. рис. 1.14). Вертикально–фрезерные станки характеризуются вертикально расположенной осью шпинделя, что делает их более удобными в работе по отношению к горизонтально–фрезерным станкам при выполнении многих фрезерных работ. В некоторых моделях вертикально–фрезерных станков фреза может быть установлена так, что ее ось может быть расположена под любым заданным углом к вертикали путем поворота узла станка, называемого шпиндельной головкой. Таким станком является вертикально–фрезерный станок, представленный на рис. 4.1.

Устройство и назначение основных узлов вертикально–фрезерного станка

Устройство станка. На фундаментной плите станка 1 размещена станина 2, внутри которой располагается коробка скоростей 4. Коробка скоростей служит для изменения частоты вращения шпинделя 7, расположенного в шпиндельной головке 6. На станке используется поворотная шпиндельная головка, которая позволяет вращением квадрата 5 устанавливать шпиндель как вертикально, перпендикулярно столу станка, так и под углом до 45^0 , определяемому по шкале, как в одну, так и в другую сторону.

По направляющим станины в вертикальном направлении может перемещаться консоль 10 (вертикальное движение подачи), внутри которой размещена коробка подач 11, позволяющая устанавливать заданное значение скорости перемещения заготовки (движение подачи). На горизонтальных направляющих консоли расположены поперечные салазки 12 и продольный стол 9. Перемещение поперечных салазок по направляющим консоли обеспечивает движение поперечной подачи заготовки, устанавливаемой непосредственно на столе станка или в специальном приспособлении. Продольную подачу заготовки реализуют перемещением стола станка по направляющим поперечных салазок маховиками P_1 или P_5 .

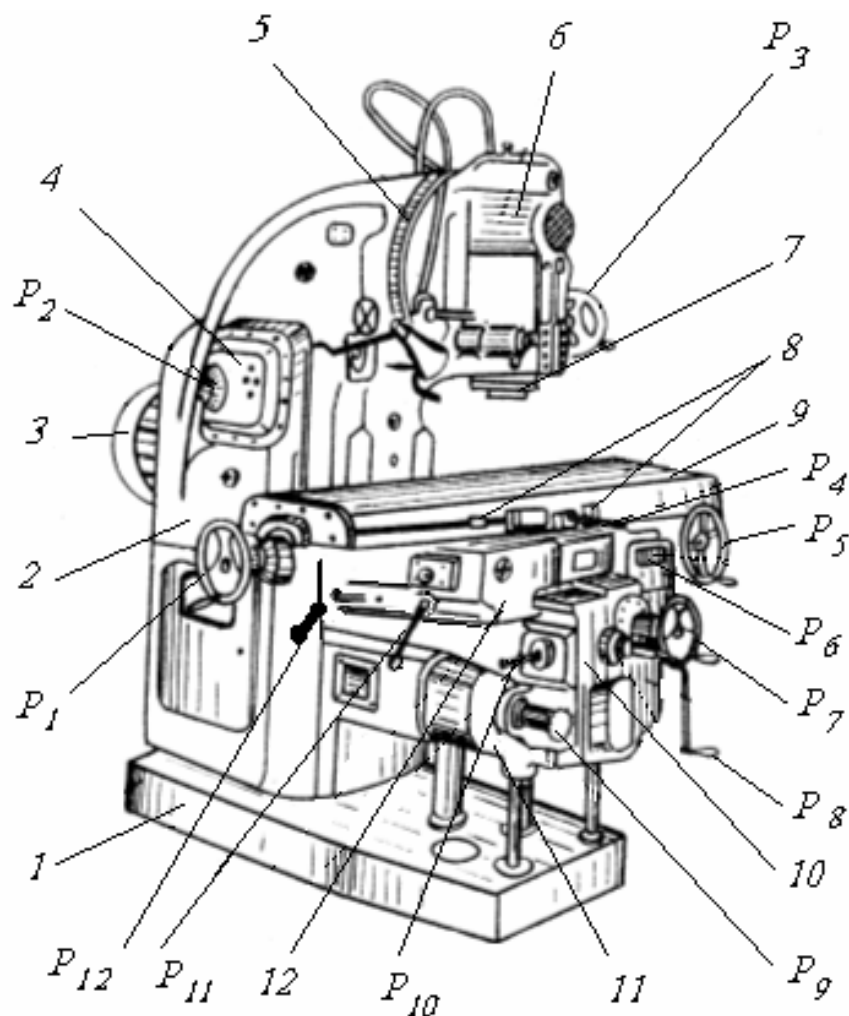


Рис. 4.1. Общий вид вертикально-фрезерного станка

Управление станком. Вертикально-фрезерный станок модели относят к группе станков с ручным управлением. Подключение станка к электросети осуществляют поворотом рукоятки пакетного переключателя, расположенного на правой стороне станины (на рисунке не показана), в положение «Сеть». Справа и слева от переключателя расположены рукоятки выключателей местного освещения и смазочно-охлаждающей системы.

Включение вращения, переключение направления вращения шпинделя (правое и левое вращение) и его остановку осуществляют кнопками P_6 . Значения частот вращения шпинделя устанавливают рукояткой P_2 , расположенной на лицевой стороне станины станка (коробке скоростей).

Ручные перемещения продольного стола станка 9, поперечных салазок 12 и консоли 10 во время работы и при наладке станка выполняют вращением маховиков соответственно P_1 или P_5 , P_7 , P_8 , оснащенных отсчетными устройствами – лимбами, выполненными в виде градуированных колец.

Механическое продольное движение стола 9 станка включают рукояткой P_4 перемещением ее в направлении необходимого движения. Длину перемещения устанавливают с помощью упоров 8, ограничивающих величину хода стола отключением движения подачи из-за поворота рукоятки P_4 в нейтральное положение.

Механические поперечные и вертикальные движения поперечных салазок 12 и консоли 10 станка реализуют с помощью одной рукоятки P_{10} путем перемещения ее из нейтрального положения в направлении требуемого перемещения заготовки.

Значения подач продольного стола, поперечных салазок и консоли станка устанавливают рукояткой P_9 выдвижением ее вперед из исходного положения и последующим поворотом на позицию, соответствующую необходимому значению подачи в минуту S_m . При этом значение вертикальной подачи получается вдвое меньше, чем указано на коробке подач.

С помощью маховика P_3 можно перемещать в вертикальном направлении шпиндель станка с инструментом, что используют для установки фрезы в определенное положение относительно заготовки и для установки глубины фрезерования.

С целью увеличения жесткости конструкции станка путем закрепления консоли на вертикальных направляющих станины и поперечных салазок на консоли используют соответственно рукоятки P_{11} и P_{12} .

Содержание работы

Работа проводится на горизонтально-фрезерном и вертикально-фрезерном станках. Каждому студенту предоставляется индивидуальное рабочее место.

В содержание работы входят перечисленные далее упражнения и комплексная работа.

Упражнения в управлении фрезерным станком. Пуск и остановка электродвигателя станка. Включение и выключение привода главного движения и привода движений подач (рабочей и ускоренной). Установка заготовок на столе с помощью прихватов и в тисках. Установка и закрепление фрезы. Упражнения в управлении столом (ручное и автоматическое).

Снятие пробной стружки на длине 4–5 мм при заданной глубине резания. Контроль размера. Снятие стружки на длине 20–30 мм ручной подачей.

Установка фрезы на глубину резания по лимбу вертикальной подачи стола. Фрезерование горизонтальной поверхности механической подачей стола. Контроль размеров. Техническое обслуживание рабочего места. Техника безопасности работы на станке.

Фрезерование горизонтальных и вертикальных плоскостей, уступов. Фрезерование горизонтальных и вертикальных плоскостей на заданную глубину резания с механической подачей стола при установке заготовки в тисках. Фрезерование уступов. Проверка обработанных поверхностей штангенциркулем.

Фрезерование пазов и разрезание заготовок. Фрезерование открытых и закрытых пазов на горизонтальных поверхностях. Разрезание. Контроль полученных размеров.

Учебно–практическая работа. Изготовление детали по заданным чертежом параметрам и технологической карте (табл. 4.7), определяющей последовательность обработки.

Последовательность выполнения работы

1. Изучите по работе 1.2 виды фрезерных работ, элементы режима резания при фрезеровании, режущий инструмент и приспособления для закрепления заготовки. Ознакомьтесь с этими элементами технологической системы по демонстрационным стендам.

2. Изучите устройство и назначение горизонтально–фрезерного станка модели 6Н82 по работе 1.2 и вертикально–фрезерного станка модели 6Р10 по данной работе.

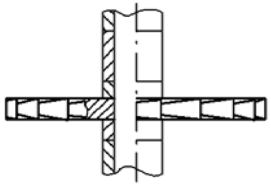
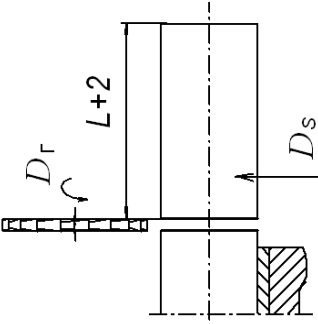
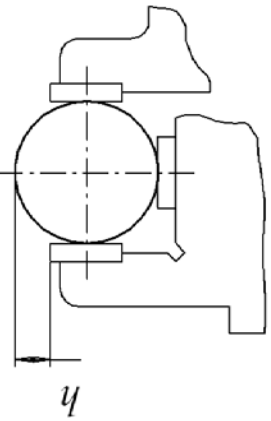
3. Прослушайте вводный инструктаж учебного мастера. Проследите за выполнением на станке учебным мастером следующих видов фрезерных работ: фрезерование горизонтальных и вертикальных плоскостей, фрезерование уступов, фрезерование пазов и разрезание.

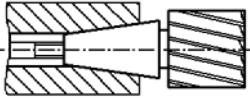
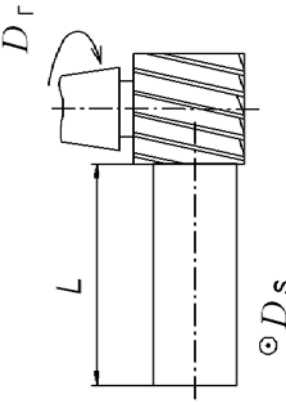
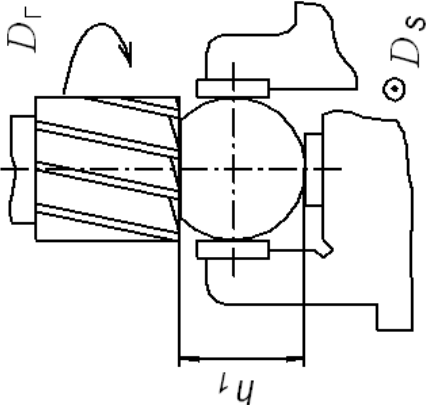
4. Выполните упражнения по управлению фрезерными станками, а также по фрезерованию горизонтальных и вертикальных поверхностей, фрезерованию уступов и пазов, разрезанию заготовки в соответствии с текущим инструктажем учебного мастера.

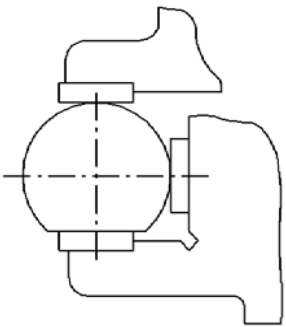
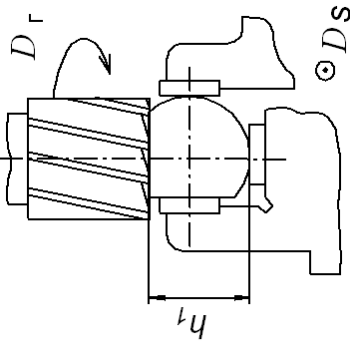
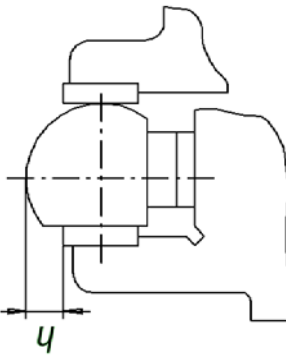
5. Получите и выполните индивидуальное задание по самостоятельному изготовлению детали «Брусок» по чертежу и технологической карте, приведенным в табл. 4.7.

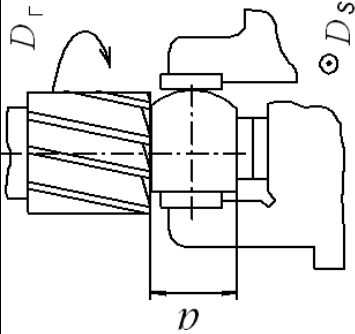
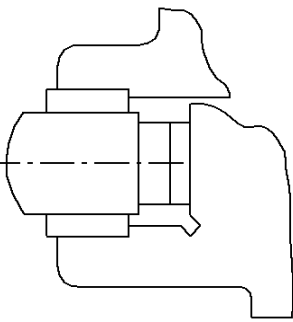
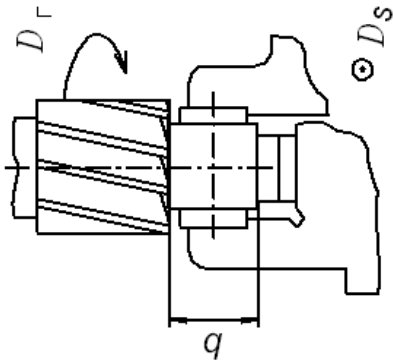
Технологическая карта изготовления детали «Брусок»

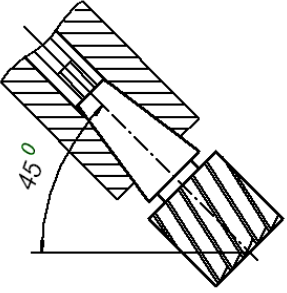
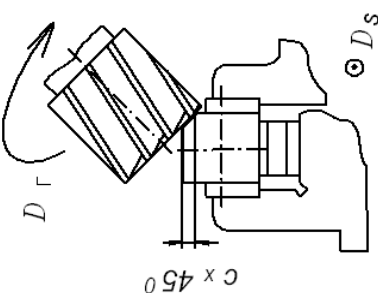
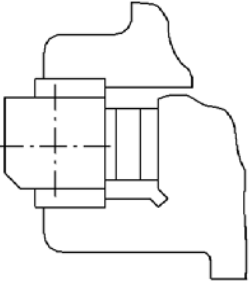
281

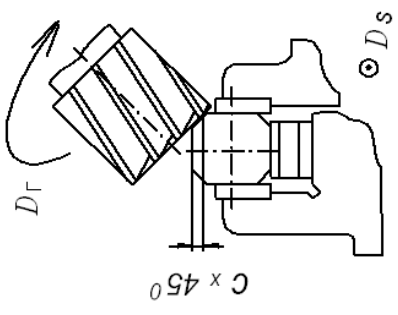
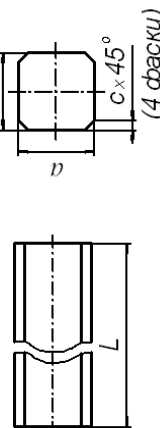
1	2	3	4	5	6	7	8
2	Установить и закрепить фрезу		Горизонтально-фрезерный станок 6Н82	Фреза отрезная, Р6М5, кольца установочные, натяг	–		
3	Отрезать заготовку, выдерживая размер $L + 2$ мм		Горизонтально-фрезерный станок 6Н82	Фреза отрезная, Р6М5, кольца установочные, натяг	Машинные тиски, подкладки	$v = 12$ м/мин; $t = 5$ мм, $S_z = 0,05$ мм/зуб; число рабочих ходов – i ; СОЖ – 15% эмульсия	Штангенциркуль, 0–160 мм.
4	Раскрепить и снять заготовку						
5	Установить и закрепить заготовку, выдерживая размер h		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10	–	Машинные тиски, подкладки		Штангенциркуль, 0–160 мм

1	2	3	4	5	6	7	8
6	Установить и закрепить фрезу		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10	Концевая фреза, Р6М5, переходная втулка, натяг			
7	Фрезеровать торцевую заготовку, выдерживая размер L		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10	—//—	Машинные тиски, подкладки	$v = 12 \text{ м/мин};$ $t = 1,5 \text{ мм},$ $S_z = 0,1 \text{ мм/зуб};$ число рабочих ходов — i ;	Штангенциркуль 0–160 мм
8	Фрезеровать плоскость, выдерживая размер h_1		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10	—//—	—//—	$v = 12 \text{ м/мин};$ $t = 1,5 \text{ мм},$ $S_z = 0,1 \text{ мм/зуб};$ число рабочих ходов — i ;	Штангенциркуль 0–160 мм

1	2	3	4	5	6	7	8
9	Раскрепить заготовку, повернуть на 90° , закрепить заготовку		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10		Машинные тиски, подкладки		
10	Фрезеровать вторую грань заготовки, выдерживая размер h_1		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10	Концевая фреза, Р6М5, переходная втулка, натяг	Машинные тиски, подкладки	$v = 12 \text{ м/мин};$ $t = 1,5 \text{ мм},$ $S_z = 0,1 \text{ мм/зуб};$ число рабочих ходов $- i$	Штангенциркуль 0–160 мм
11	Раскрепить заготовку, повернуть на 90° , закрепить заготовку, выдерживая размер h		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10		Машинные тиски, подкладки		Штангенциркуль 0–160 мм

1	2	3	4	5	6	7	8
12	Фрезеровать третью грань заготовки, выдерживая размер a		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10	Концевая фреза, Р6М5, переходная втулка, натяг	Машинные тиски, подкладки	$\vartheta = 12$ м/мин; $t = 1,5$ мм, $S_z = 0,1$ мм/зуб; число рабочих ходов $- i$	Штангенциркуль 0–160 мм
13	Раскрепить заготовку, повернуть на 90° , закрепить заготовку		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10		Машинные тиски, подкладки		
14	Фрезеровать четвертую грань заготовки, выдерживая размер b		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10	Концевая фреза, Р6М5, переходная втулка, натяг	Машинные тиски, подкладки	$\vartheta = 12$ м/мин; $t = 1,5$ мм, $S_z = 0,1$ мм/зуб; число рабочих ходов $- i$	Штангенциркуль 0–160 мм

1	2	3	4	5	6	7	8
15	Повернуть шпindleльную головку на 45°		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10	Концевая фреза, Р6М5, переходная втулка, натяг			
16	Фрезеровать фаску в размер $c \times 45^{\circ}$		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10	Концевая фреза, Р6М5, переходная втулка, натяг	Машинные тиски, подкладки	$v = 12 \text{ м/мин};$ $t = 1,5 \text{ мм},$ $S_z = 0,1 \text{ мм/зуб};$ число рабочих ходов — i	Штангенциркуль 0–160 мм
17	Раскрепить заготовку, повернуть на угол 45° , закрепить заготовку.		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10		Машинные тиски, подкладки		

1	2	3	4	5	6	7	8
18–22	Повторить переходы 15–16, фрезеровать оставшиеся три фаски, выдерживая размеры $c \times 45^\circ$		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10	Концевая фреза, Р6М5, переходная втулка, натяг	Машинные тиски, подкладки	$\vartheta = 12$ м/мин; $t = 1,5$ мм, $S_z = 0,1$ мм/зуб; число рабочих ходов – i ;	Штангенциркуль 0–160 мм
23	Раскрепить, снять деталь, контролировать размеры						Штангенциркуль 0–160 мм

Рассчитайте параметры режима резания для указанных в таблице 4.7 для Вашего варианта значений размеров детали и заготовки для наладки станка по указанным значениям скорости главного движения резания и подачи в минуту, используя формулы (1.8) – (1.10).

6. Проконтролируйте размеры изготовленной детали, сдайте готовую продукцию учебному мастеру и прослушайте его итоговый инструктаж.

Содержание отчета

1. Наименование работы.

2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (см. табл. 4.7).

Задание: «Описать характеристики используемых фрезерных станков и последовательность изготовления детали, привести параметры режима резания и перечень технологической оснастки, представить результаты измерения размеров изготовленной детали».

3. Наименование и характеристика горизонтально– или вертикально– фрезерного станка: наименование, модель, технологические возможности, части и узлы станка.

4. Виды движений узлов станка (по форме табл. 4.8).

Таблица 4.8

Узлы станка и параметры их движений

№ пп	Движущийся узел	Вид движения	Назначение движения	Размерность движения

5. Чертеж изготавливаемой детали «Брусоч» (см. табл. 4.7).

6. Эскиз технологического перехода с указанием получаемого размера и шероховатости обработанной поверхности (дается по заданию преподавателя).

7. Расчет частоты вращения шпинделя, подачи в минуту и числа рабочих ходов, устанавливаемых на станке при выполнении заданного преподавателем перехода.

8. Перечень применяемых при выполнении технологического перехода приспособлений, режущих, вспомогательных и измерительных инструментов.

9. Результаты контроля размеров изготовленной детали, представленные в форме табл. 4.9.

Таблица 4.9

Результаты измерения детали «Брусок»

Размер	a , мм	b , мм	c , мм
по чертежу			
действительный			

10. Выводы.

4.4. СЛЕСАРНАЯ ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК

Цель работы: знания технологических методов слесарной обработки заготовок, в том числе разметки, опилования, шабрения, сверления, нарезания резьб метчиками и плашками, правки, рубки; видов слесарного инструмента и оборудования, приемов выполнения слесарной обработки заготовок; умения выбирать метод слесарной обработки заготовок; первичные навыки разметки заготовки, опилования, шабрения, сверления отверстий на настольно-сверлильном станке, ручного нарезания резьб метчиками и плашками, правки заготовок и рубки металла.

Общие сведения

Изделие любой сложности можно изготовить ручным способом с использованием методов слесарной обработки. Однако подобные методы изготовления, а в целом и вся слесарная обработка, обладают малой производительностью и высокой стоимостью изготовленного изделия. С развитием техники объем слесарных работ в машиностроении в связи с этим резко снизился, но значение своё этот метод не потерял и по настоящее время.

На предприятиях или в мастерских, выпускающих разнородные изделия в небольших количествах, что характерно для индивидуального производства, слесарь является одной из центральных фигур основного состава рабочих. Здесь слесарь выполняет разнообразные слесарные работы различной сложности и точности. Он изготавливает инструмент и приспособления,

отдельные детали от начала до конца, подгоняет их друг к другу и собирает детали, создавая готовое изделие.

Слесарная обработка металлов реализуется использованием различных технологических методов обработки, в том числе разметки, рубки, правки и гибки, разрезания и опилования, сверления, зенкерования и развертывания, шабрения, притирки и доводки, клепки, паяния, лужения и др. Все указанные виды работ выполняют ручным способом. На отдельных работах и их этапах возможно применение механизированного инструмента (электродрели, пневматические молотки, электрошаберы и т. д.) и металлорежущих станков (сверлильных, опиловочных, шабровочных, разрезных и др.), облегчающих труд слесаря.

Рабочим местом слесаря является площадь цеха или мастерской, на которой установлен верстак со слесарными тисками и другим технологическим оборудованием, используемым при слесарных работах.

Слесарные работы выполняют рабочими инструментами различных типов. Среди них выделяют режущие, ударные, разметочные и измерительные инструменты.

Содержание работы

Каждому студенту предоставляется индивидуальное рабочее место, являющееся определенным участком производственной площади слесарного участка учебных мастерских, на которой размещается слесарный верстак, оснащенный слесарными параллельными тисками, настольно-сверлильный станок, вертикально-сверлильный станок, рычажные ножницы.

В содержание работы входят перечисленные далее упражнения и комплексные работы.

Упражнения в выполнении слесарных операций опилования, шабрения, сверления отверстий и нарезания резьб метчиком и плашкой, резки металла, гибки и правки.

Упражнения в выполнении операций опилования и шабрения выполняются на учебных заготовках в соответствии с технологическими картами, представленными в виде таблиц 4.10 и 4.11.

Упражнения в выполнении операций сверления, нарезания резьб, гибки и правки реализуются в рамках выполнения комплексных производственных работ.

Комплексные работы включают выполнение производственных изделий: болт, гайка, ушко, молоток, петля, – слесарными методами в соответствии с технологическими картами по типу таблицы 4.12.

Общие правила техники безопасности при работе

Для исключения травматизма и несчастных случаев студент обязан строго соблюдать следующие основные правила техники безопасности при работе на слесарном участке:

1. Высота верстака и тисков должна соответствовать росту студента. Нормальным считается такое положение студента, при котором ему во время работы не приходится сгибаться или вытягиваться. При нормальном положении локоть согнутой и прижатой к груди правой руки должен находиться на уровне губок тисков, а выпрямленные пальцы этой руки должны касаться подбородка. Для регулирования роста рабочего следует использовать деревянные щитки, которые устанавливают под ноги работающего.

2. Рабочее место должно быть хорошо освещено дневным или электрическим светом. Лампы электрического освещения устанавливают подвижно в горизонтальной плоскости. Во время работы электрический свет не должен падать в глаза рабочего.

3. Слесарные тиски должны быть исправны, прочно закреплены на верстаке; ходовой винт должен вращаться в гайке легко, губки тисков должны иметь хорошую насечку.

4. На рабочем месте рекомендуется располагать инструменты, необходимые только для данной работы. Инструменты должны быть исправны, правильно заточены и заправлены.

5. Чертежи и технологическая (операционная) карта во время работы должны находиться перед глазами студента на стене или быть укреплены на специальной подставке.

6. Перед работой необходимо подвязать рукава халата и убрать длинные волосы под головной убор. Необходимо помнить, что свисающие части одежды или длинные волосы могут быть захвачены вращающимся инструментом (шпинделем станка) и привести к тяжелой травме.

7. Заготовка должна быть прочно закреплена в тисках, а во время ее установки и снятия следует соблюдать осторожность, так как при падении заготовка может нанести травму.

8. Опилки и стружку с верстака и оборудования следует удалять только сметочной щеткой.

9. Рабочее место должно находиться в чистоте. После окончания работы необходимо: очистить от стружки и вытереть насухо ветошью все рабочие инструменты и приспособления, убрать металлическую стружку и обрезки металла с верстака, сблизить губки тисков с небольшим зазором, убрать подножный щиток и сдать инструмент в кладовую.

Последовательность выполнения работы

1. Изучите виды слесарных работ, режущий инструмент и приспособления для закрепления заготовки [6]. Ознакомьтесь с материалами демонстрационных стендов.

2. Прослушайте вводный инструктаж мастера. Проследите за выполнением учебным мастером приемов выполнения конкретных слесарных операций и последовательности операций при выполнении комплексных работ.

3. Выполните упражнения по слесарным операциям или комплексную работу под руководством учебного мастера в ходе текущего инструктажа по технологическим картам 4.10 – 4.12.

4. Сдайте выполненную работу учебному мастеру и преподавателю и получите индивидуальное домашнее задание.

5. Выполните отчет в соответствии с индивидуальным заданием преподавателя.

Содержание отчета

1. Содержание отчета по упражнению.

1.1. Наименование работы.

1.2. Формулировка и исходные данные индивидуального задания.

Задание: «Описать технологию выполнения упражнения, характеристики используемого оборудования и оснастки и представить результаты измерения размеров изготовленной детали».

1.3. Технологический эскиз обработки по упражнению «.....».

1.4. Технологический метод слесарной обработки, область применения.

1.5. Эскиз технологического перехода (по заданию преподавателя).

1.6. Используемое на технологическом переходе оборудование, режущий, вспомогательный и измерительный инструмент, технологическая оснастка.

1.7. Результаты измерения изготовленного образца по форме таблицы 4.4.

1.8. Выводы.

2. Содержание отчета по комплексной работе.

2.1. Наименование работы.

2.2. Формулировка и исходные данные индивидуального задания.

Задание: «Описать технологию изготовления детали (изделия), перечни и характеристики используемого оборудования и оснастки, представить результаты контроля размеров».

2.3. Чертеж детали «.....».

2.4. Перечень технологических методов слесарной обработки, используемых при изготовлении детали.

2.5. Наименование и характеристика технологического оборудования: наименование, модель, технологические возможности, части и узлы станка.

2.6. Эскиз технологического перехода с указанием получаемого размера и шероховатости обработанной поверхности (дается по заданию преподавателя).

2.7. Перечень применяемых при выполнении технологического перехода приспособлений, режущих, вспомогательных и измерительных инструментов.

2.8. Результаты контроля размеров изготовленного изделия, представленные по форме табл. 4.4.

2.9. Выводы.

Diagram illustrating the calculation of the effective width of a reinforced concrete slab. The cross-section shows a slab of width a and height h . The plan view shows the slab's width b and the effective width a . The effective width is determined by the ratio of the slab's width to the effective depth, $\frac{b}{a}$, and the effective depth, a . The effective width is calculated as $a \cdot \sqrt{\frac{b}{a}}$.

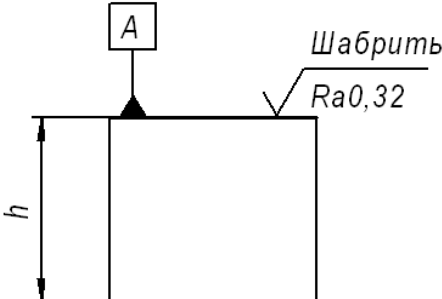
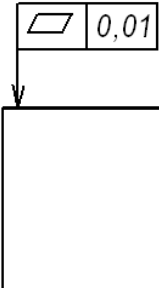
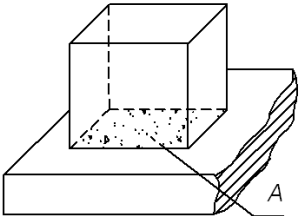
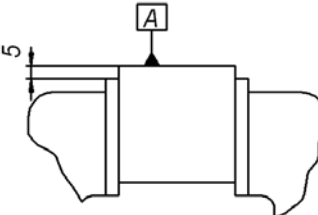
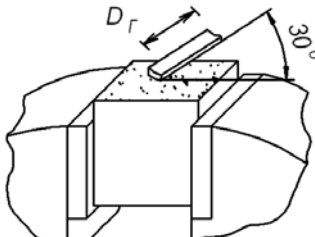
На поверхности *A* нанесены керны (3–4 углубления) глубиной до 1 мм.

Но- мер пере- хода	Содержание перехода	Эскиз перехода	Режущий ин- струмент и оснастка	Режим обра- ботки	Измери- тельный инстру- мент
1	Установить и закрепить заготовку		Верстак, сле- сарные плос- копараллель- ные тиски		
2	Опилить поверхность А перекре- стными штрихами до удаления накернен- ных углуб- лений		Напильник плоский № 2	под уг- лом 30– 40° к плоско- сти гу- бок тис- ков	

Но- мер пере- хода	Содержание перехода	Эскиз перехода	Режущий ин- струмент и оснастка	Режим обра- ботки	Измери- тельный инстру- мент
3	Контроли- ровать: размер h , отклонение от перпен- дикулярно- сти плоско- сти A к сто- ронам B и C не более 0,1 мм; неплоскост- ность по- верхности A не более 0,1 мм				штан- генцир- куль 0–125 мм; угольник 90°; щуп 0,1 мм
4	Опилить плоскость A до шерохо- ватости $Rz6,3$ мкм		Напильник плоский № 2	пере- крест- ными штри- хами	Эталон шерохо- ватости
5	Притупить острые кромки		Напильник плоский № 3		

Таблица 4.11

Технологическая карта шабрения плоскости

Технологический эскиз шабрения плоскости <i>A</i> бруска					
 					
Материал: сталь Ст. 3			Заготовка – брусок: $a \times b \times h$		
Но- мер пере- хода	Содержание перехода	Эскиз перехода	Режу- щий ин- стру- мент и оснастка	Режим обра- ботки	Измери- тельный инстру- мент
1	Нанести краску тонким слоем на поверхность поверочной плиты. Наложить заготовку плоскостью <i>A</i> на плиту и круговыми движениями ее окрасить.		Верстак, поверочная плита		
2	Установить и закрепить заготовку		Верстак, слесарные тиски		
3	Шабрить плоскость <i>A</i> , удаляя окрашенные места		Шабер плоский, $L = 200 \text{ мм}$	Пере- крест- ный штрих, длина хода 2–3 мм	

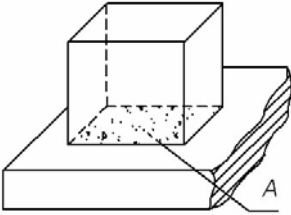
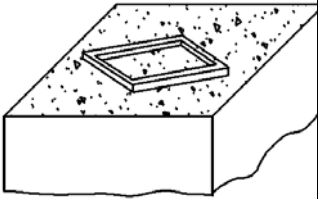
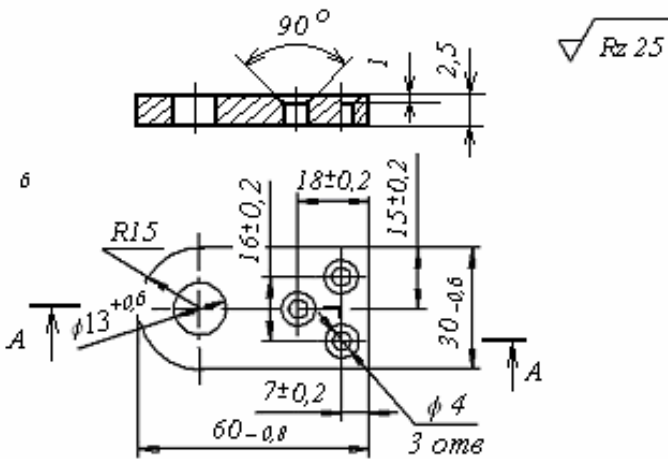
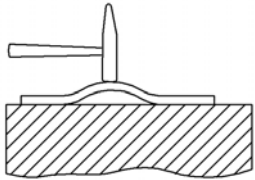
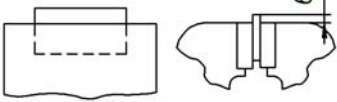
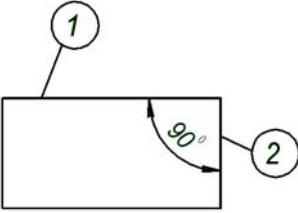
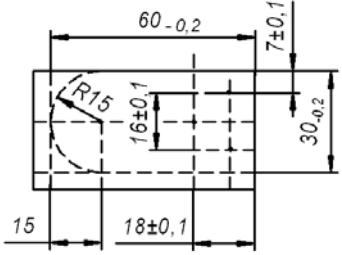
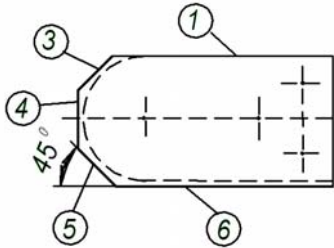
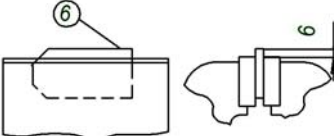
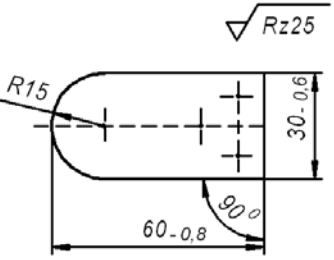
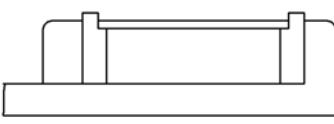
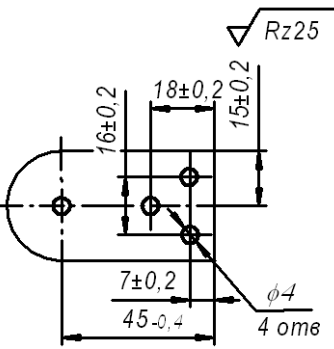
Но- мер пере- хода	Содержание перехода	Эскиз перехода	Режу- щий ин- стру- мент и оснастка	Режим обра- ботки	Измери- тельный инстру- мент
4	Раскрепить, снять заготовку, протереть по- верхность <i>A</i> , удалив остатки краски и струж- ку				
5	Повторить переход 1		Верстак, пове- рочная плита		
6	Наложить рам- ку на поверх- ность <i>A</i> , сосчи- тать число пятен на площади кон- трольной рамки				Пове- рочная рамка 25×25 мм, эта- лоны шеро- ховато- сти
7	Продолжить переходы 2–6 до обеспечения 10– 13 пятен в пре- делах площади рамки		Вер- стак, тиски, шабер пло- ский, L = 200 мм		Пове- рочная рамка, эталон шеро- ховато- сти

Таблица 4.12

Технологическая карта изготовления детали «Ушко»
методами слесарной обработки

Чертеж детали					
					
Материал: сталь Ст. 3			Размеры заготовки: 35×65×2,5		
Но- мер пере- хода	Содержание перехода	Эскиз перехода	Режущий ин- струмент и оснастка	Режим обработ- ки	Измери- тельный инстру- мент
1	2	3	4	5	6
1	Править (рихтовать) заготовку		Правильная плита, моло- ток		Лекаль- ная ли- нейка
2	Установить и закрепить заготовку		Верстак, тис- ки слесарные		Линейка 0–150 мм
3	Опилить по- следователь- но грани 1 и 2 под углом 90°		Напильник плоский, № 2, длиной 250 мм		Уголь- ник 90°
4	Разметить заготовку в соответствии с эскизом		Линейка, чер- тилка, кернер, молоток, циркуль разметочный		Штан- генцир- куль 0–200 мм

1	2	3	4	5	6
5	Отрезать углы заготовки и припуски на стороны по разметке		Ножницы рычажные		Штангенциркуль 0–200 мм
6	Установить и закрепить заготовку		Верстак, тиски слесарные		Линейка 0–150 мм
7	Опилить заготовку по контуру с переустановкой в тисках		Напильник плоский, № 2, длиной 250 мм		Штангенциркуль 0–200 мм, шаблон R 15
8	Установить и закрепить заготовку		Настольно-сверлильный станок, машинные тиски		
9	Установить и закрепить спиральное сверло Ø 4 мм		Сверло спиральное Ø 4мм, 3-х кулачковый патрон		
10	Сверлить по разметке 4 отверстия Ø4 мм		Настольно-сверлильный станок, сверло спиральное Ø 4мм, 3-х кулачковый патрон	$n = 710$ об/мин, подача – ручная	Штангенциркуль 0–150 мм
11	Снять спиральное сверло и установить коническую зенковку		Зенковка коническая с углом конуса 90°, 3-х кулачковый патрон		

1	2	3	4	5	6
12	Зенковать 3 отверстия на глубину 1 мм		— // —	$n = 710$ об/мин, подача — ручная	Шаблон 90°× 1 мм
13	Снять зенковку и установить спиральное сверло, переустановить заготовку		Спиральное сверло Ø13 мм, переходная втулка, машинные тиски		
14	Рассверлить отверстие Ø 13 мм		— // —	$n = 280$ об/мин, подача — ручная	Штангенциркуль 0–150 мм
15	Раскрепить и снять заготовку со станка, закрепить заготовку в слесарных тисках		Верстак, тиски слесарные		Штангенциркуль 0–150 мм
16	Опилить плоскости А и Б заготовки, обеспечивая заданную шероховатость		Верстак, тиски слесарные, напильник плоский № 3, $L = 250$ мм.	Обработка перекрестным движением	Эталон шероховатости
21	Раскрепить, снять заготовку, контролировать размеры				Штангенциркуль, шаблон R 15 мм

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология конструкционных материалов: Учебник / Под общей ред. А. М. Дальского. – М.: Машиностроение, 2005. – 592 с.
2. Технология конструкционных материалов: Учеб. пособие для вузов / Под ред. М. А. Шатерина. – СПб.: Политехника, 2005. – 597 с.
3. Барон Ю. М., Дзельтен Г. П. Технология конструкционных материалов: Упражнения и задачи. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000. – 93 с.
4. Гальванические покрытия в машиностроении: Справочник, в 2-х томах / Под ред. М. А. Шлугера, Л. Д. Тока. – М.: Машиностроение, 1985.
5. Островский В. И. Теория резания металлов. Расчет оптимальных режимов резания: Учеб. пособие. – Л.: СЗПИ, 1980. – 68 с.
6. Покровский Б. С. Слесарное дело: Учебник для образцов. учреждений начального проф. образования / Б. С. Покровский, В. А. Скаун. – М.: Академия, 2006. – 316 с.
7. Практикум в учебных мастерских и технология конструкционных материалов: учебное пособие для вузов. – М.: Просвещение, 1986. – 191 с.
8. Розенфельд И. Л., Рубинштейн Ф. И., Жигалова К. А. Защита металлов от коррозии лакокрасочными покрытиями. – М.: Химия, 1987.
9. Справочник по электрохимическим и электрофизическим методам обработки / Под ред. В. А. Волосатова. – Л.: Машиностроение, 1988.
10. Справочник технолога–машиностроителя в 2-х т. Т. 2 / Под ред. Л. Г. Косиловой и А. Г. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
11. Технология машиностроения: В 2-х кн. Кн. 1. Основы технологии машиностроения: Учебн. пособие для вузов / Э. Л. Жуков и др.; Под ред. С. Л. Мурашкина. – М.: Высш. шк., 2003. – 278 с.
12. Технология машиностроения: В 2-х кн. Кн. 2. Основы технологии машиностроения: Учебн. пособие для вузов / Э. Л. Жуков и др.; Под ред. С. Л. Мурашкина. – М.: Высш. шк., 2003. – 295 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Классификация металлообрабатывающих станков

Группа станков		Типы станков										
		наименование	шифр	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Резервные	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы	–	Одношпиндельные	многошпиндельные	Ревolverные	Сверлильно-отрезные	Карусельные	Токарные, токарно-винторезные и лобовые	Многорезцовые, копировальные	Специализированные	Разные токарные
				специализированные								
Сверлильные и расточные	2	–	Настольно- и вертикально-сверлильные	Полуавтоматы		Координатно-расточные	Радиально-сверлильные	Горизонтально-расточные	Алмазно-расточные	Горизонтально-сверлильные	Разные сверлильные и расточные	
				одношпиндельные	многошпиндельные							
Шлифовальные, полировальные, доводочные, заточные	3	–	Круглошлифовальные	Внутришлифовальные	Обдирочно- и торцовошлифовальные	Специализированные шлифовальные	–	Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные, полировальные, хонинговальные	Разные с абразивным инструментом	
Электрофизические и электрохимические, комбинированные	4	–	–	Светолучевые	–	Электрохимические	–	–	Электроэрозионные, ультразвуковые, прошивочные	Анодно-механические отрезные	–	

Группа станков		Типы станков										
наименование	шифр	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Зубо- и резьбообра- батывающие	5	Резьбо- нарезные	Зубодол- бежные для цилин- дрических колес	Зубо- нарезные для кони- ческих колес	Зубо-фре- зерные для цилиндри- ческих ко- лес и шли- цевых ва- лов	Для наре- зания чер- вячных колес	Для обра- ботки тор- цов зубьев колес	Резьбофре- зерные	Зубо- отделоч- ные, про- верочные, обкатные	Зубо- и резьбо- шли- фовальные	Разные зубо- и резьбо- и резбо- обрабаты- вающие	
			Верти- кально- фрезерные консоль- ные	Фрезерные непрерыв- ного дей- ствия	—	Копиро- вальные и гравиро- вальные	Верти- кально- фрезерные бескон- сольные	Продоль- но- фрезерные	Консоль- ные широ- ко- универ- сальные	Горизон- тальные консоль- ные	Разные фрезерные	
Строгаль- ные, долбежные, протяжные	7	—	Продольные		Попереч- но- строгаль- ные	Долбеж- ные	Протяж- ные горизон- тальные	Протяжные верти- кальные для		—	Разные строгаль- ные	
			односто- ечные	двухсто- ечные				внутрен- него про- тягивания	наружного протяги- вания			
Разрезные	8	—	Отрезные, оснащенные			Правиль- но- и бес- центрово- обдироч- ные	ленточные	дисковые	ножовоч- ные	—	—	
			резцом	абразив- ным кругом	гладким диском							
Разные	9	—	Опиловоч- ные, тру- то- и муф- тообраба- тывающие	Пило- насека- тельные	Правиль- но- и бес- центро- вообди- рочные	—	Для испы- тания инстру- ментов	Делитель- ные машины	Баланси- ровочные	—	—	

ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.

ПРАКТИКУМ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ МЕТОДАМ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК

Барон Юрий Михайлович, Дзельтен Герман Павлович, Кобчиков Валентин Семенович, Медко Владимир Семенович, Коротких Михаил Тимофеевич, Никифоров Валерий Иванович, Ушомирская Людмила Алексеевна

Под редакцией Никифорова В. И.

Лицензия ЛР 020593 от 07.08.1997

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т.2; 95 3004 – научная и производственная литература

Подписано в печать	Формат	Печать
Уч.-изд. л.	Усл. печ. л.	Тираж
		Заказ

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного автором,
в Цифровом типографском центре
Издательства Политехнического университета:
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29
Тел.: (812) 550-40-14
Тел./факс: (812) 297-57-76