

Министерство образования и науки Российской Федерации
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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 бакалавров
укрупнённой группы «Металлургия, машиностроение и
материалобработка»*

Санкт-Петербург

2012

УДК 620:621.9 (075.8)

ББК 34.5я73

Т 384

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор Балтийского государственного
технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова *Д. В. Васильков*

Кандидат технических наук, профессор Санкт-Петербургского
государственного политехнического университета *Э. Л. Жуков*

Авторы:

В. И. Никифоров, Ю. М. Барон, Г. П. Дзельтен,

В. С. Кобчиков, М. Т. Коротких, В. С. Медко

Технология конструкционных материалов. Практикум по технологическим методам обработки заготовок : учеб. пособие / В. И. Никифоров и [др.] ; под ред. В. И. Никифорова. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. 365 с.

Приведены материалы, раскрывающие содержание и методику проведения лабораторных работ, упражнений и занятий в учебных мастерских по изучению методов обработки заготовок резанием и обработке с применением электрофизических и электрохимических технологий.

Предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям и специальностям укрупнённой группы 150000 – «Металлургия, машиностроение и материалобработка» при изучении дисциплины «Технология конструкционных материалов». Пособие может быть использовано также в системах непрерывного профессионального образования.

Работа выполнена в рамках реализации программы развития национального исследовательского университета «Модернизация и развитие политехнического университета как университета нового типа, интегрирующего мультидисциплинарные научные исследования и надотраслевые технологии мирового уровня с целью повышения конкурентоспособности национальной экономики».

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

© Никифоров В. И.,

научное редактирование, 2012

© Санкт-Петербургский государственный

политехнический университет, 2012

ISBN 978-5-7422-3639-9

ОГЛАВЛЕНИЕ

Наименования, обозначения и единицы величин	5
Предисловие	8
Введение	12
1. Лабораторные работы	20
1.1. Токарные работы, назначение и устройство токарно- винторезного станка	21
1.2. Фрезерные работы, назначение и устройство универсаль- ных консольно-фрезерных станков	47
1.3. Сверление, зенкерование, развёртывание отверстий и наре- зание резьб на радиально-сверлильном станке	69
1.4. Токарный резец, его части и элементы	82
1.5. Экспериментальное определение зависимости главной составляющей силы резания P_z при точении от элементов режима резания	90
1.6. Экспериментальное определение зависимости температу- ры резания при точении от элементов режима резания	99
1.7. Назначение и устройство токарно-револьверного станка ...	105
1.8. Назначение и устройство токарно-револьверного автомата	123
1.9. Назначение и устройство зубофрезерного станка	138
1.10. Назначение и устройство плоскошлифовального станка и шлифовальный инструмент.....	154
1.11. Гибкий производственный токарный модуль на базе стан- ка с числовым программным управлением модели 16A20ФЗ.....	175
1.12. Назначение и устройство электроэрозионного станка мар- ки Sure First модели ED-203	188
1.13. Определение зависимостей технологических характери- стик электрохимической обработки плоской поверхности заготовки от плотности тока	216
2. Упражнения	228
2.1. Назначение режима резания при точении	229
2.2. Изучение металлорежущего инструмента.....	242

2.3. Разработка технологического процесса изготовления детали.....	250
2.4. Покрытия и их характеристики. Выбор марки покрытия	266
3. Демонстрации	285
3.1. Демонстрация токарных, фрезерных, сверлильных работ и элементов их технологических систем	286
3.2. Демонстрация автоматизированных технологических процессов	292
4. Учебные мастерские	303
4.1. Точение цилиндрических и подрезание торцовых поверх- ностей, точение канавок и разрезание заготовок	305
4.2. Точение конических поверхностей и нарезание резьб	311
4.3. Фрезерование плоскостей и уступов	323
4.4. Слесарная обработка заготовок	335
Библиографический список	347
Приложения	348
Приложение 1. Классификация металлообрабатывающих станков	349
Приложение 2. Профилометр MarSurf PS1. Назначение и устройство	351
Приложение 3. Условные обозначения в кинематических схемах	361

НАИМЕНОВАНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И ЕДИНИЦЫ ВЕЛИЧИН

№ п/п	Величина		Единица	
	Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
1	2	3	4	5
1	Время	τ	секунда	с
2	Время вспомогательное	$\tau_{всп}, T_{всп}$	минута	мин
3	Время основное	τ_o, T_o	минута	мин
4	Время подготовительно-заключительное	$\tau_{пз}, T_{пз}$	минута	мин
5	Время штучно-калькуляционное	$\tau_{шк}, T_{шк}$	минута	мин
6	Высота	h	миллиметр	мм
7	Высота неровностей профиля поверхности по десяти точкам	Rz	микрометр	мкм
8	Выход по току	k_{η}	безразмерный	—
9	Глубина резания	t	миллиметр	мм
10	Диаметр	D, d	миллиметр	мм
11	Длина	ℓ, L	миллиметр	мм
12	Зазор (межэлектродный)	δ	миллиметр	мм
13	Заряд электрический	q	кулон	Кл
14	Коэффициент полезного действия	k_{η}	безразмерный	—
15	Масса	m	килограмм	кг
16	Мощность	N	ватт	Вт
17	Напряжение электрическое	U	вольт	В
18	Объем	V	миллиметр в кубе	мм ³
19	Период процесса	T	секунда	с
20	Плотность мощности	ρ_N	ватт на метр в квадрате	Вт/м ²

1	2	3	4	5
21	Плотность объёмная	ρ_v	килограмм на метр в кубе	кг/м ³
22	Плотность тока	ρ_I	ампер на миллиметр в квадрате	А/мм ²
23	Площадь	S	миллиметр в квадрате	мм ²
24	Погрешность обработки	Δ	микрометр	мкм
25	Подача в одну минуту	S_m	миллиметр за одну минуту	мм/мин
26	Подача за один оборот	S_o	миллиметр за один оборот	мм/об
27	Подача на один зуб	S_z	миллиметр на один зуб (режущее лезвие)	мм/зуб
28	Припуск	Z	миллиметр	мм
29	Производительность:	P		
30	– по массе	P_m	килограмм в минуту	кг/мин
31	– по объёму	P_v	миллиметр кубический в минуту	мм ³ /мин
32	– штучная	$P_{шт}$	штук в минуту	шт/мин
33	Радиус	R, r	миллиметр	мм
34	Сила	P	ньютон	Н
35	Сила резания	P	ньютон	Н
36	Сила электрического тока	I	ампер	А
37	Скорость главного движения резания	v	метр в минуту	м/мин
38	Скорость подачи	v_s	миллиметр в минуту	мм/мин
39	Сопротивление электрическое	R	ом	Ом

1	2	3	4	5
41	Среднее арифметическое отклонение профиля поверхности от средней линии	Ra	микрометр	мкм
42	Температура	θ	градус Цельсия	$^{\circ}\text{C}$
43	Удельная энергоёмкость	w_m	джоуль на килограмм	Дж/кг
44	Характеристика делительной головки	N	оборот рукоятки на один оборот шпинделя	-
45	Частота вращения	n	оборот в минуту	об/мин
46	Частота периодического процесса (колебаний)	f	герц	Гц
47	Число изделий (партия)	N	штука	шт
48	Число рабочих ходов	i	ход	ход
49	Число режущих лезвий (зубьев), граней многогранника	z	штука	шт
50	Ширина	B, b	миллиметр	мм
51	Энергия	W	джоуль	Дж

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

ПРЕДИСЛОВИЕ

В учебных планах, реализуемых в образовательных учреждениях высшей школы, важнейшими и основополагающими в становлении выпускников как специалистов широкого профиля являются общепрофессиональные дисциплины. Среди этих дисциплин первичной в области технологической подготовки студентов выступает дисциплина «Технология конструкционных материалов». Эта дисциплина с тем или иным изменением в наименовании входит в большинство учебных планов подготовки бакалавров и специалистов образовательной области «Техника и технологии».

Трудоёмкость изучения дисциплины «Технология конструкционных материалов» 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 всё 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 её содержании состоит в формировании **компетентности** выпускника в области характеристик и назначения конструкционных материалов, технологических методов получения и обработки заготовок, а также следующих обобщённых знаний и умений:

— **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, областей их применения, технологического оборудования и инструментов;

— **умения** осуществлять выбор технологического метода получения заготовки и её обработки в зависимости от марки конструкционного материала, заданных характеристик заготовки и детали; 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.

Глубина и степень фундаментальности сформулированных цели и задач для разных направлений подготовки или специальностей будущего специалиста могут широко варьироваться.

Воспитательные и развивающие цели дисциплины «Технология конструкционных материалов» 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 «Технология конструкционных материалов» как первую технологическую дисциплину учебных планов подготовки специалистов в области техники и технологии, следует отметить, что в традиционном понимании её 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 «Технология конструкционных материалов» не входит.

Учитывая, что для многих направлений подготовки и специальностей образовательной области «Техника и технологии» «Технология конструкционных материалов» является единственной технологической дисциплиной, следует говорить о необходимости расширения области формируемых знаний и умений для таких направлений и специальностей в рамках данного курса. В перечень дополнительного к традиционному содержанию материала в дисциплину «Технология конструкционных материалов» 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 учётом этих обстоятельств разработано 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 в области технологических методов обработки заготовок.

Учебное пособие «Технология конструкционных материалов. Практикум по технологическим методам обработки заготовок» содержит систему лабораторных работ, ряд упражнений и практических занятий в учебных мастерских по технологическим методам обработки заготовок резанием, электрофизическими и электрохимическими методами, а также по методам нанесения покрытий на поверхности заготовки.

Перечень приведённых в этом пособии учебных работ охватывает все разделы учебной дисциплины «Технология конструкционных материалов» практическими занятиями, представляет их в разнообразии организационных форм и по своему объёму значительно перекрывает те объёмы трудоёмкости изучения дисциплины, которые указаны в государственных образовательных стандартах. Это позволяет вузам, решающим задачу создания системы практических занятий, в зависимости от объёма часов, выделенных в образовательном стандарте на конкретное направление подготовки или специальность, от профиля деятельности будущих выпускников, от наличия и состава учебно-материальной базы, выбрать из приведённого 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, проведённое в городе Ярославле 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 материалы по проведению учебных мастерских.

В профессиональной школе России всё большее распространение получают системы непрерывного образования. В сфере профессионального становления молодого человека как специалиста непрерывность профессионального образования реализуется через комплекс профессиональных образовательных учреждений, включающих учреждения начального профессионального, среднего профессионального и высшего профессионального образования (НПО, СПО, ВПО). Содержание учебного

пособия и реализуемый в основном феноменологический уровень представляемого в дисциплине «Технология конструкционных материалов» материала позволяет использовать пособие для изучения и в образовательных учреждениях НПО и СПО.

Учебное пособие рекомендуется для студентов, обучающихся по направлениям подготовки и специальностям 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; инженерно-экономические специальности, ряд направлений подготовки и специальностей сельскохозяйственного профиля и других образовательных областей, в рамках которых готовятся специалисты для применения и ремонта используемой в данной отрасли техники и механосборочных технологий.

В содержании учебного пособия нашел отражение опыт, накопленный кафедрой «Технология конструкционных материалов и материаловедение» Санкт-Петербургского государственного политехнического университета (СПбГПУ), основанной профессором В. В. Савиным в 1907 году. При создании пособия использованы особенности методологии преподавания дисциплины, сложившиеся в СПбГПУ (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 преподавателей СПбГПУ. Работы 1.5, 1.7 и 1.10 написаны докт. техн. наук, профессором Ю. М. Бароном; работа 2.1 — канд. техн. наук, доцентом Г. П. Дзельтенем; работы 1.2, 1.3, 1.11, 2.3, 4.3 — канд. техн. наук, доцентом В. С. Кобчиковым; работы 2.2, 2.4, 3.1, 3.2 — докт. техн. наук, профессором М. Т. Коротких; работа 4.4 и приложения 1, 2, 3 — канд. техн. наук, доцентом В. С. Медко; введение, предисловие, работы 1.1, 1.4, 1.6, 1.8, 1.9, 1.12, 1.13, 4.1, 4.2 — канд. техн. наук, профессором В. И. Никифоровым.

Авторы выражают искреннюю признательность рецензентам доктору технических наук, профессору Василькову Д. В. и кандидату технических наук, профессору Жукову Э. Л., а также кандидату технических наук, доценту Ю. С. Дмитриевской за конструктивные замечания и предложения, высказанные при прочтении рукописи книги.

ВВЕДЕНИЕ

«Технология конструкционных материалов» является учебной дисциплиной, к объектам изучения которой относят конструкционные материалы, их характеристики и технологические методы формообразования заготовок и деталей машин, реализуемые при изготовлении изделий.

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

Учебное пособие «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 поверхности заготовок.

Перечень видов практических занятий, используемых при изучении дисциплины «Технология конструкционных материалов» и реализованных в представленном практикуме, включает лабораторные работы, упражнения, демонстрационные занятия и занятия в учебных мастерских.

Лабораторные занятия предназначены для углублённого изучения научно-теоретических основ дисциплины «Технология конструкционных материалов», элементов технологических систем, в рамках которых реализуется обработка заготовок технологическими методами точения, фрезерования, сверления, развёртывания, шлифования, методами электроискровой и электрохимической обработки.

Выполняя эти работы, студенты изучают металлообрабатывающее оборудование разной степени универсальности и автоматизации, имеющее электромеханический и гидравлический приводы, станки для обработки лезвийными и абразивными инструментами. Некоторые лабораторные работы выполняются исследовательскими методами, что направлено на

овладение студентами современными методами и умениями экспериментирования с применением разнообразной технологической оснастки.

Занятия в учебных мастерских проводятся в виде практических работ на металлорежущих станках токарной, фрезерной, сверлильной групп и на слесарном участке. Эти работы не ставят задачу формирования умения студента выполнять трудовые приёмы 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 дополнениями к теоретическому материалу лекций по учебной дисциплине «Технология конструкционных материалов», методику проведения работы, индивидуальные задания и содержание отчёта.

Технологические методы получения и обработки заготовок реализуются в рамках определённой 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 углублённой самостоятельной работы студента. В связи с этим каждая представленная в пособии работа предусматривает при наличии общей части определённую самостоятельную работу студента, осуществляемую при подготовке к занятию, при выполнении индивидуального задания и при составлении отчёта. В ходе самостоятельной работы студент может расширить свои знания путем использования основной [1, 2] и дополнительной литературы [3–12],

приведённой в разделе «Библиографический список». В тех случаях, когда обращение к дополнительной литературе обязательно, в рамках конкретного материала практической работы дана ссылка на использование для получения необходимых сведений соответствующих изданий из указанной в разделе «Библиографический список» учебной литературы.

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

Характеристики точности размеров и шероховатости поверхности детали

Механизмы машин и приборов состоят из соединённых различными способами узлов и деталей. Конструкции их соединений должны обеспечить точность взаимного расположения и перемещений узлов и деталей друг относительно друга, надёжность эксплуатации изделия, простоту его ремонта. Поэтому к характеристикам соединений различных типов предъявляют разные требования. В одних случаях необходимо получить подвижное соединение деталей с определённого размера зазором между ними, например, вала с отверстием какого-либо изделия. В других — неподвижное соединение с натягом, который создаётся, если диаметр вала изготовлен больше диаметра отверстия в соединяемой с валом детали.

Наличие зазоров или натягов в соединениях и их значения определяются через соотношения размеров сопрягаемых поверхностей и *точность размеров*. Точность размера — степень соответствия действительного, определённого измерением значения размера, к его заранее установленному чертежом значению. Точность характеризуется отклонением действительного размера от номинального размера. *Номинальный размер* — это размер детали, получаемый в результате расчётов на прочность, жёсткость, износостойкость или назначаемый исходя из конструктивных и технологических соображений.

При изготовлении деталей абсолютно точно номинальный размер выполнить невозможно. *Действительные размеры* всегда имеют отклонения от номинальных размеров. Эти отклонения называют *погрешностями обработки*. При изготовлении партии деталей действительные размеры деталей получаются разными, имеется разброс этих размеров в определённых пределах. Разброс действительных размеров неизбежен, но при этом должна обеспечиваться работоспособность в соединении любой детали из партии. Это требует, чтобы действительные размеры годных деталей находились в некоторых допустимых пределах, называемых *наибольшим 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 называют *допуском*. Допуск на размер является мерой его точности. С уменьшением допуска повышается требуемая точность размера и наоборот. Допуски на изготовление детали назначает конструктор исходя из условий работы, размеров и технологических возможностей изготовления детали. При этом различные технологические методы получения и обработки заготовок обладают определённой экономически оптимальной точностью. Поэтому задание того или иного допуска на размер детали обуславливает выбор и последовательность применения соответствующего технологического метода обработки заготовки.

В соответствии со стандартом ГОСТ 25346–89 «Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений» установлены ряды допусков, соответствующие одному уровню точности для всех номинальных размеров. Такие ряды называют *квалитетами точности*. Всего существует 20 квалитетов точности, которые обозначают порядковыми номерами, возрастающими 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 на чертеже не просят. Он вычисляется по указанным на чертеже наибольшему и наименьшему отклонениям размера от номинального значения (рис. В.1).

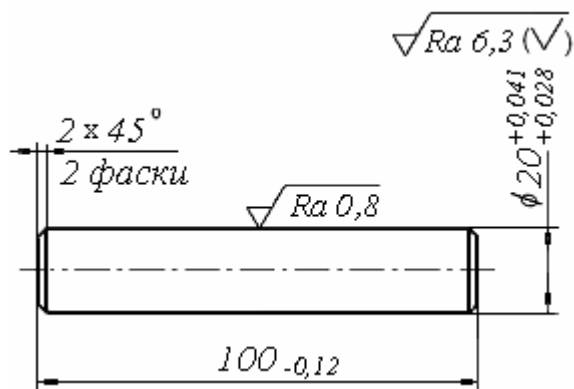


Рис. В.1. Простановка размеров и параметров шероховатости на чертеже детали

Предельные отклонения могут указываться на чертеже буквенно-цифровым кодом, например, $15h8$. В этом коде первые цифры соответствуют значению номинального размера, следующая за ними буква указывает поле (место) расположения допуска относительно номинального размера, а цифра (число) характеризует качество точности, т. е. величину допуска на номинальный размер.

Для перевода таких кодов в цифровые значения существуют специальные таблицы.

Предельные отклонения размеров указывают на чертежах и в виде числовых значений. При этом нулевые отклонения не проставляют.

В тех случаях, когда размер или размеры детали выполняются с относительно низкой точностью ни буквенно-цифровой код, ни отклонения на эти размеры не ставят.

Для указания предельных отклонений размеров с неуказанными допусками внизу чертежа дают ссылку на ГОСТ 30893.1–2002 в виде «Общие допуски по ГОСТ 30893.1–m», по которому и следует определять отклонения. Возможна простановка ссылки и в виде надписи типа: «Общие допуски по ГОСТ 30893.1: $H14$, $h14$, $\pm IT14/2$ ». В этом случае буквенно-цифровые индексы $H14$, $h14$, $\pm IT14/2$ обозначают, что размеры, у которых не проставлены отклонения, выполняются по 14-му качеству точности ГОСТ 25346–89. При этом для охватываемых размеров (валов) отклонения следует выполнять по значению, соответствующему буквенно-цифровому коду $h14$, охватываемых (отверстий) размеров — по $H14$, прочие размеры должны иметь симметричные отклонения, соответствующие значениям кода $\pm IT14/2$.

Реальная поверхность детали, полученная в процессе обработки заготовки, отличается от идеальной геометрической поверхности детали, изображаемой на чертеже. Она всегда имеет микронеровности различной формы и высоты в виде микровыступов и микровпадин с небольшими

расстояниями между ними. Эта совокупность неровностей представляет собой *шероховатость поверхности*. Данную характеристику поверхности принято определять по её профилю, который образуется в сечении поверхности перпендикулярной к ней плоскостью (рис. В.2).

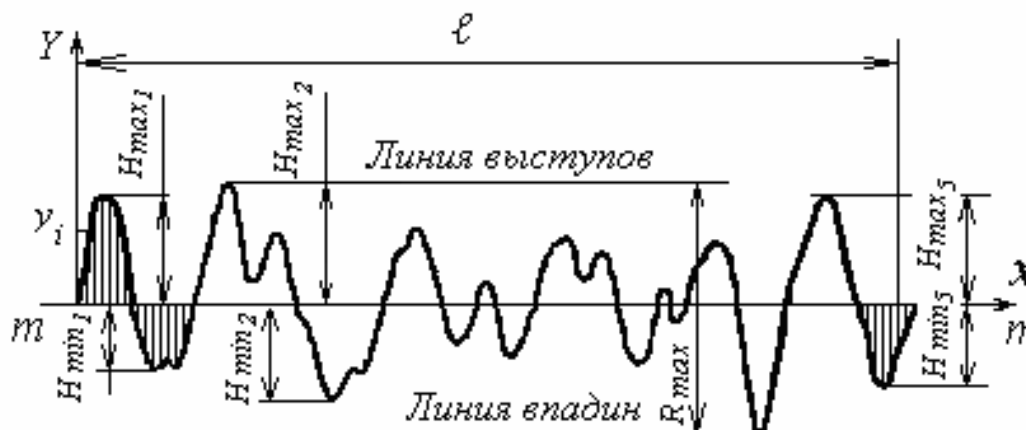


Рис. В.2. Профиль шероховатости поверхности и его характеристики

Получаемый профиль рассматривают на некоторой длине ℓ базовой линии, используемой для выделения неровностей и количественного определения их параметров. В качестве базовой линии принимают *среднюю линию профиля* — линию $m-m$. 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 .

ГОСТ 25142-82 «Шероховатость поверхности. Термины и определения» устанавливает шесть основных 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 :

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

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

Среднее арифметическое отклонение профиля Ra , мкм, определяют как среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля от средней линии профиля в пределах базовой длины ℓ :

$$Ra = \frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} |y(x)| dx, \quad (B.2)$$

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

Значения величин Ra находятся в пределах от 0,08 до 100 мкм, а соотношение параметров Rz и Ra характеризуется примерным равенством $Rz \approx 4Ra$.

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



Рис. В.3. Обозначение шероховатости поверхностей, полученных:

а) — литьем, ковкой, прокатом и т. д., т. е. без удаления материала; б) — удалением слоя материала резанием; в) — не устанавливаемым способом обработки; г, д) — с установленным способом и параметром обработки

Требования к шероховатости поверхности устанавливают исходя из функционального назначения детали конкретного изделия и её конструктивных особенностей. От шероховатости поверхности во многом зависят износостойкость детали, точность и прочность сопряжения деталей в соединении, контактная жёсткость, коррозионная стойкость и усталостная прочность.

Следует отметить, что качество поверхности детали помимо её шероховатости определяется также наличием или отсутствием трещин, структурой приповерхностных слоев материала, наличием в нём пластических деформаций и остаточных напряжений. Чем более ответственной является деталь, тем выше требования к её точности и качеству обработанной поверхности. В связи с этим выбор тех или иных методов изготовления детали определяется не только требованием обеспечения заданной точности, но и соответствующей шероховатостью её поверхностей. Однако

здесь, как и в случае назначения той или иной точности размера детали, не следует необоснованно стремиться к низкой шероховатости её поверхностей, поскольку это увеличивает трудоёмкость изготовления и стоимость детали.

1. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Деталь машины, являясь исходной частью любого изделия машиностроения, должна в соответствии со своим функциональным назначением иметь определённую форму, размеры, физико-механические свойства материала и эксплуатационные характеристики образующих её поверхностей. На выполнение этих условий направлена деятельность машиностроительных заводов (цехов), занятых производством конструкционных материалов и заготовок с последующим превращением заготовок в готовые детали. В рамках приведённых 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 детали при заданной партии её производства и имеющихся производственных условиях 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 «Технология конструкционных материалов». 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 высокие производительность и качество обработки поверхностей, кинематики металлообрабатывающего оборудования и формообразования зубчатых

поверхностей, устройства электромеханического и электрогидравлического приводов станков.

Пособие содержит также лабораторные работы по изучению электрохимического травления и электроэрозионного прошивания отверстий. 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, технологи решают уникальные проектные задачи и создают технологические процессы, обеспечивающие удаление, перемещение или приращение (большого или малого) объёма материала заготовки.

Часть лабораторных работ носит исследовательский характер и связана с установлением взаимосвязей технологических и технико-экономических характеристик процессов обработки, 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 модели 16K20; умения выбирать способ токарной обработки в зависимости от формы и размеров обрабатываемой поверхности и выполнять расчёты, 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 развёртывание отверстий, нарезание резьб и другие виды работ. При этом обеспечивается точность размеров не выше шестого 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, свёрла, зенкеры, зенковки, развёртки, 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_2 совершает заготовка. Движение подачи D_5 выполняет инструмент, которым является токарный резец, перемещающийся вдоль оси заготовки. Для точения наружной цилиндрической поверхности применяют проходной прямой (рис. 1.1, а), проходной отогнутый (рис. 1.1, б) или проходной упорный (рис. 1.1, в) резцы.

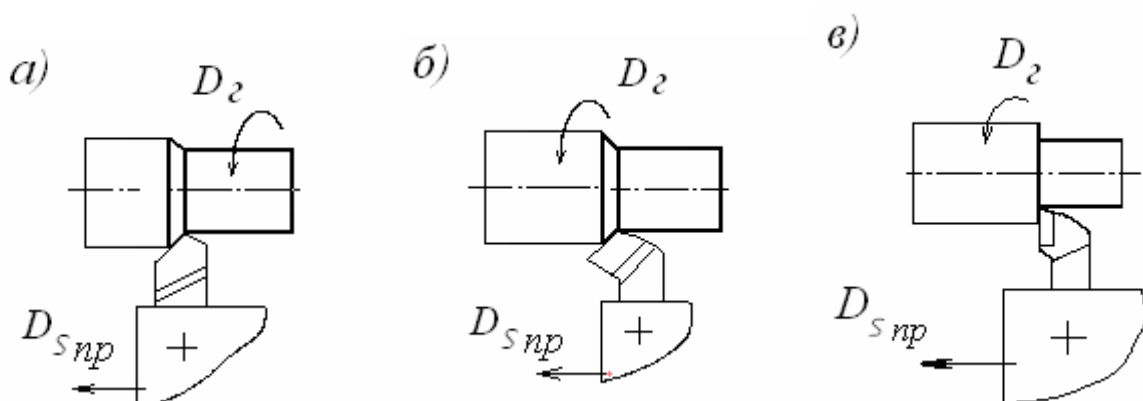


Рис. 1.1. Схемы точения наружной цилиндрической поверхности:

а) — проходным прямым, б) — проходным отогнутым, в) — проходным упорным резцами

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

Подрезание торцов. Торцовые поверхности заготовки обрабатывают подрезными резцами (рис. 1.2, а), осуществляющими движение поперечной подачи D_{5non} . 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).

Подрезают торцовые поверхности с движением подачи резца D_{5non} от периферии к центру или от центра к периферии. Первый вариант обеспечивает удобство установки резца на заданный линейный размер детали и точный замер её длины на участке обработки. В то же время подрезание

торцов валов и высоких уступов предпочитают производить движением подачи от центра к периферии. Этот способ позволяет получать лучшую точность формируемой плоской поверхности уступа, хотя и требует предварительного врезания резца в заготовку в продольном направлении.

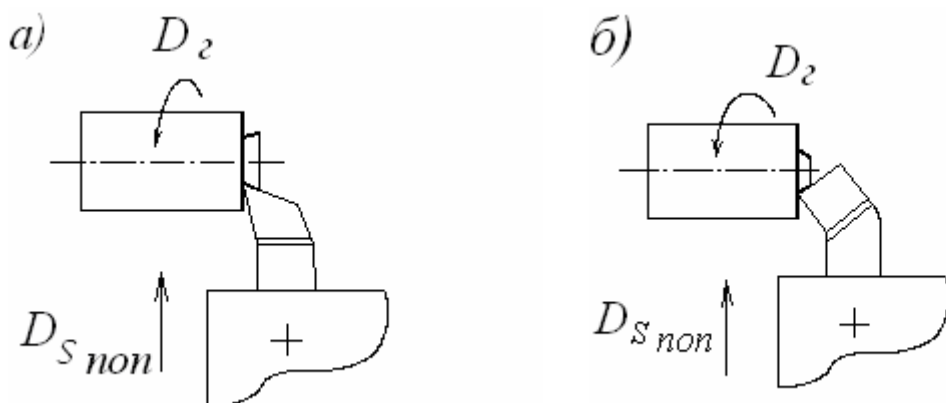


Рис. 1.2. Схемы подрезания торцов подрезным прямым (а) и проходным отогнутым (б) резцами

Точение наружных канавок и отрезание. Для точения канавок (рис. 1.3, а), а также для отрезания (рис. 1.3, б) используют соответственно канавочные и отрезные резцы, осуществляющие при резании движение поперечной подачи $D_{S\text{ non}}$.

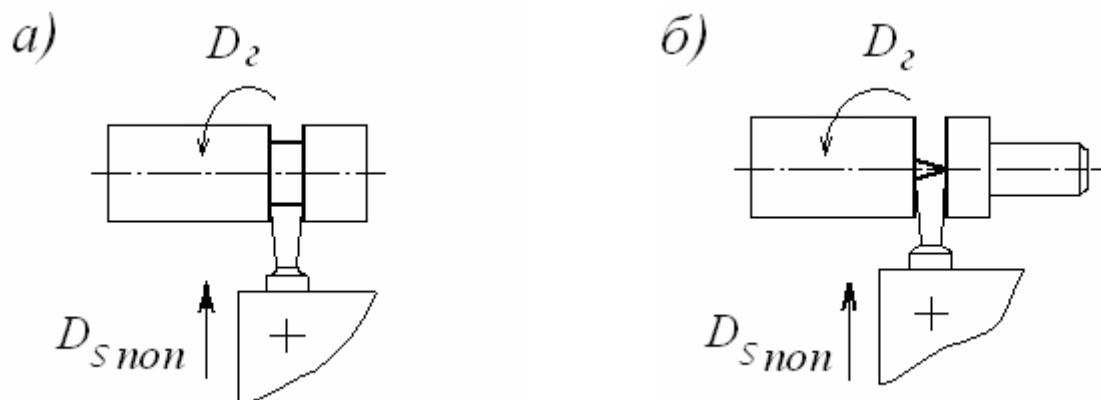


Рис. 1.3. Схемы точения канавки (а) и отрезания (б)

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.

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 отрезным резцом.

Расположение резца выше или ниже оси центров может привести к его поломке.

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 фасонным ободом, 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 $D_{s\text{non}}$ снимает широкую стружку. Это может вызвать вибрации обрабатываемой заготовки и резца. Поэтому данным методом

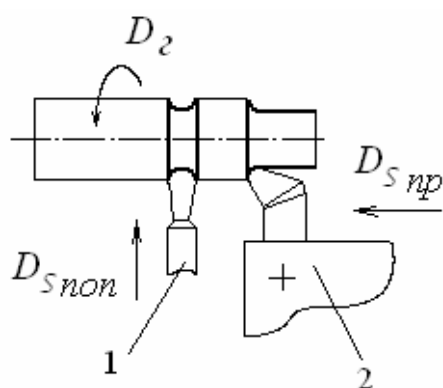


Рис. 1.4. Схемы точения фасонных поверхностей: 1 — фасонной канавки; 2 — радиусной галтели

выполняют точение фасонных поверхностей шириной до 60 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 приведена).

Обработка отверстий. Для получения отверстий на токарных станках применяют свёрла. Увеличение диаметра имеющегося в заготовке отверстия и повышение точности его

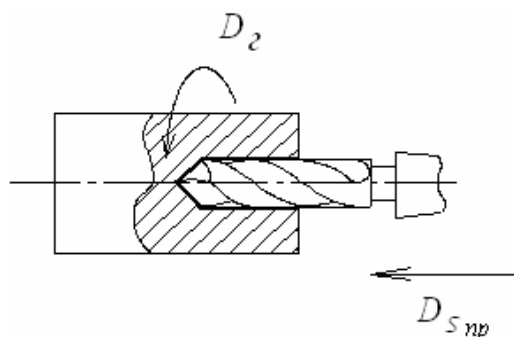


Рис. 1.5. Схема сверления отверстия

размера осуществляют расточными резцами, а также зенкерами и развёртками. 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, закреплённая в патроне, совершает вращательное

движение, а сверло, установленное в задней бабке станка, получает движение продольной подачи D_{Snp} (рис. 1.5).

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.

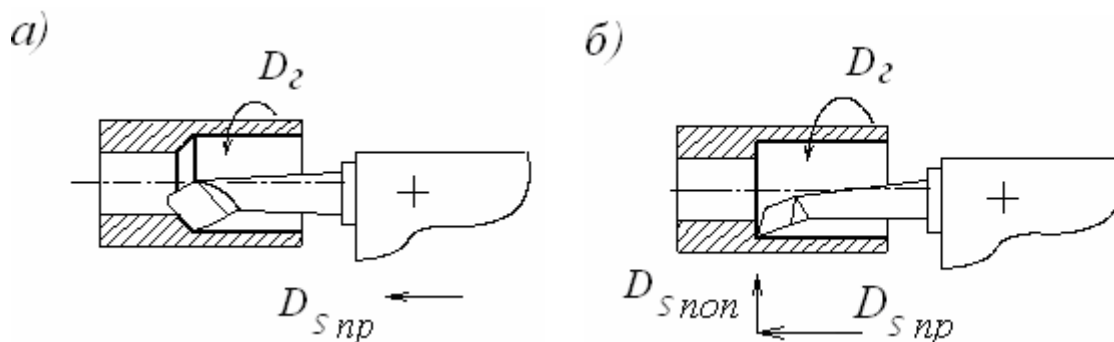


Рис. 1.6. Схемы растачивания сквозного отверстия (а) и отверстия с уступом (б)

При растачивании отверстия значительной длины возможен изгиб резца и сильные вибрации. 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_{Snp} . 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 D_{Snon} (см. рис. 1.6, б).

Для получения на внутреннем отверстии конической фаски небольшой длины в качестве инструмента часто используют зенковку (рис. 1.7).

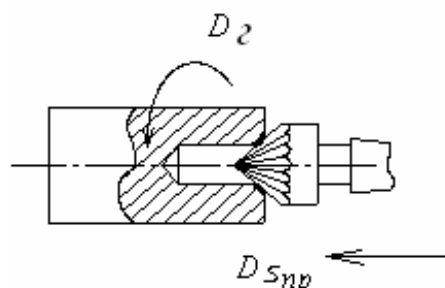


Рис. 1.7. Схема зенкования отверстия

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 детали – на наружные и внутренние;
- по форме исходной поверхности, на которую наносится резьба – 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 крепёжные 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 крепёжных резьб, как метрическая, дюймовая и трубная резьбы.

Наиболее распространённым инструментом, используемым для нарезания резьбы (наружной и внутренней) на токарно-винторезных станках,

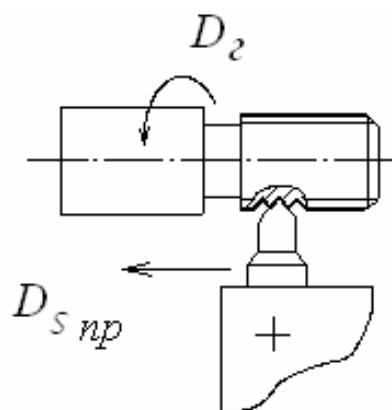


Рис. 1.8. Схема нарезания наружной резьбы резцом

является резбовой резец (рис. 1.8). 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.

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

Методы точения конических поверхностей (рис. 1.9).

Для получения конической поверхности на заготовке методом точения на токарном станке необходимо, чтобы при вращении заготовки вершина резца перемещалась параллельно образующей конуса. Это достигается

одним из следующих способов: с помощью широкого резца (рис. 1.9, а); поворотом верхнего суппорта (рис. 1.9, б) или смещением корпуса задней бабки (рис. 1.9, в);

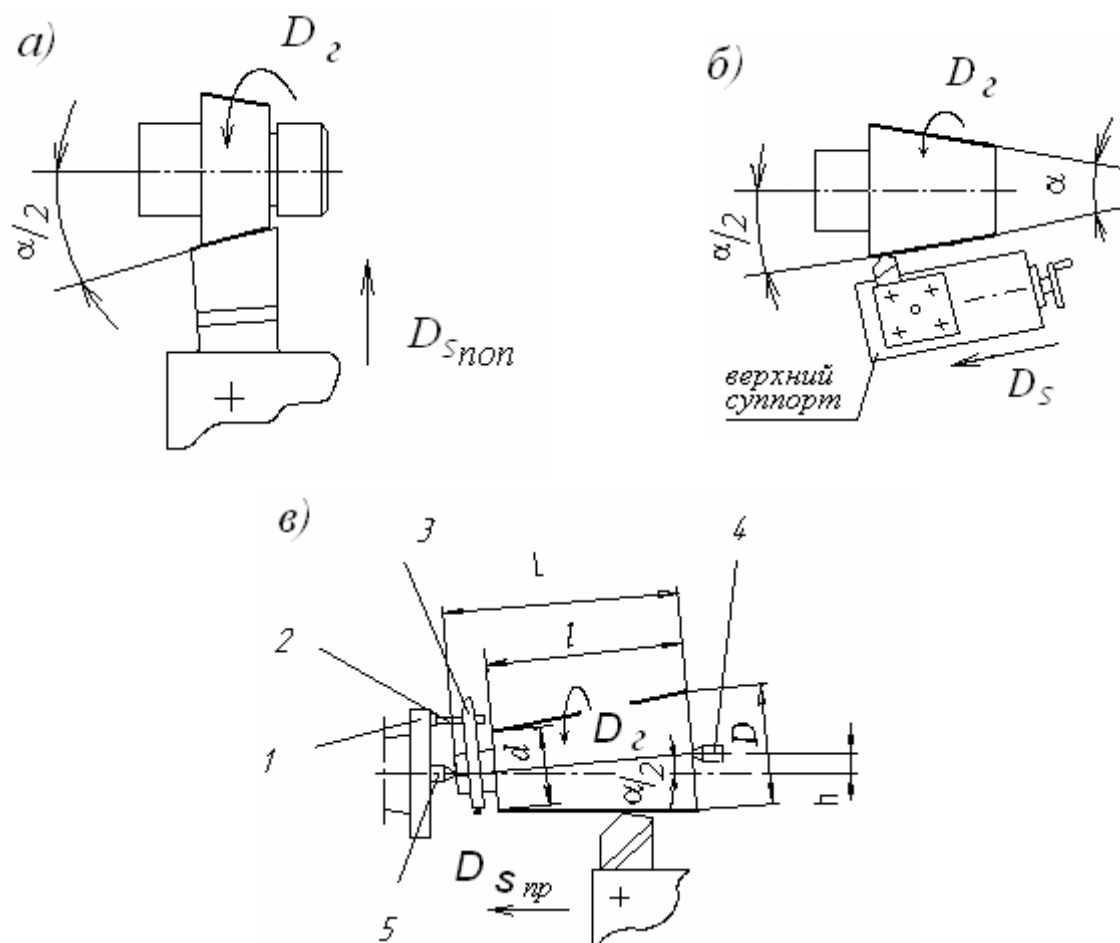


Рис. 1.9. Схемы точения конических поверхностей:

- а) — широким резцом; б) — поворотом верхнего суппорта;
в) — смещением корпуса задней бабки

При точении наружных конических поверхностей пользуются проходными резцами, а при растачивании внутренних поверхностей — расточными.

Устройство токарно-винторезного станка модели 16K20

Токарно-винторезные станки относят к группе универсальных станков, предназначенных для эксплуатации в условиях единичного и мелко-серийного производств. Эти станки имеют практически однотипную компоновку, примером которой может служить компоновка узлов и частей станка модели 16K20 (рис. 1.10).

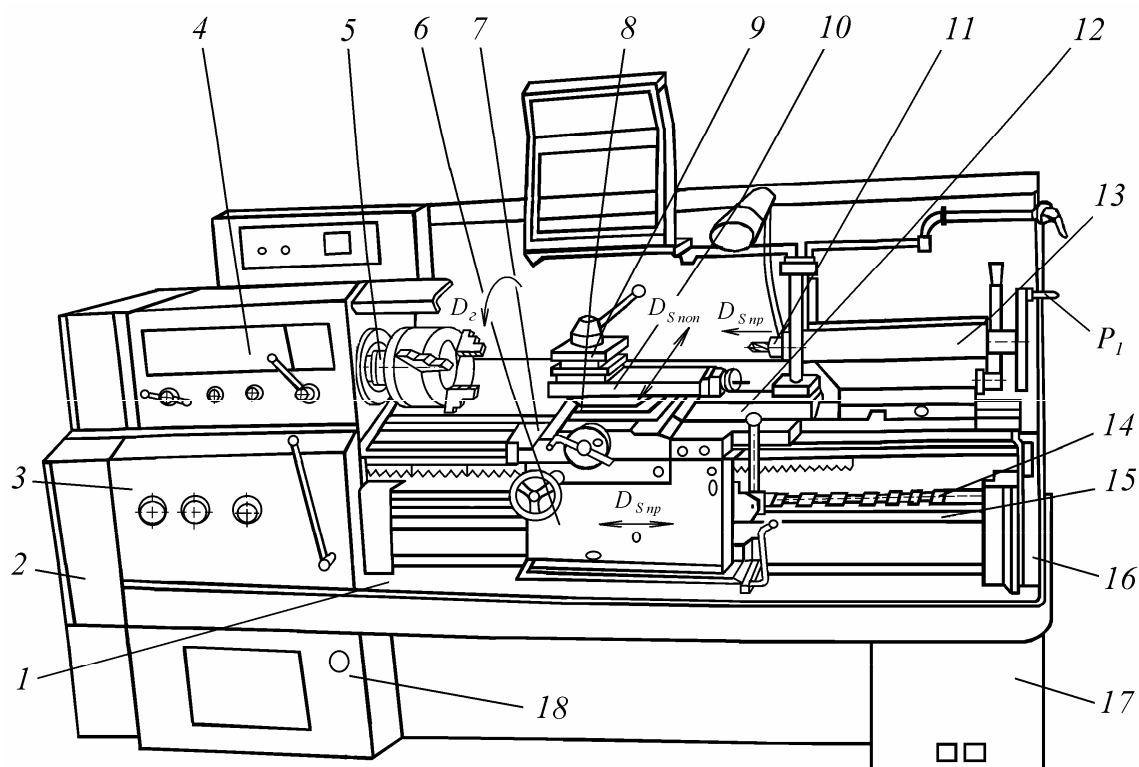


Рис. 1.10. Общий вид токарно-винторезного станка модели 16K20

Модель станка содержит краткую информацию о самом станке. Первая цифра в соответствии с национальной классификацией металлообрабатывающего оборудования, приведённой в приложении 1, указывает на номер группы, к которой принадлежит станок. Цифра «1» в модели станка 16K20 говорит о том, что данный станок относят к станкам токарной группы. Вторая цифра модели характеризует номер типа станка в рамках группы. Соответственно данным таблицы приложения 1 станок 16K20 принадлежит к шестому типу станков токарной группы — токарным и токарно-винторезным станкам. Буква между цифрами (в модели станка 16K20 буква «К») указывает на то, что станок по отношению к предыдущей модели станков данной группы и типа модернизирован. Последние две цифры модели в виде числа «20» характеризуют высоту расположения оси шпинделя над направляющими станины (высоту центров) равную 200 мм. Это означает, что диаметр заготовки, обрабатываемой на станке 16K20, не может превышать 400 мм.

Основными частями станка являются станина 1, передняя бабка 4, шпиндель 5, суппорт 12, фартук 6, коробка подач 3, гитара сменных зубчатых колёс 2, задняя бабка 13, механизм быстрого перемещения суппорта 16.

Станина 1 установлена на левой *18* и правой тумбах *17* и служит для монтажа на ней основных узлов и частей станка. Станина снабжена направляющими, по которым перемещаются суппорт и задняя бабка.

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

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

Суппорт 12 станка состоит из продольных *7* и поперечных *8* салазок, верхнего суппорта *10* и четырёхпозиционного поворотного резцедержателя *9*. В резцедержателе устанавливают и закрепляют резцы, которым вместе с суппортом сообщают движения продольной и (или) поперечной подач.

Коробка подач 3 предназначена для изменения скоростей продольного и поперечного движений подачи суппорта, с которым она соединена с помощью ходового винта *14* и ходового вала *15*. 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 колёс 2 является звеном передачи движения от шпинделя станка к коробке подач и настраивается при нарезании точных резьб. Заменяя одни зубчатые колёса гитары другими, можно изменять величину подачи суппорта.

Фартук 6 предназначен для размещения в нём механизмов, обеспечивающих преобразование вращательного движения ходового вала *15* или ходового винта *14* в прямолинейное поступательное движение суппорта.

Заднюю бабку 13 используют в качестве дополнительной опоры заготовки при изготовлении валов с отношением длины к диаметру заготовки более четырёх, а также для закрепления свёрл, зенкеров, развёрток, метчиков и плашек. Этим инструментам, устанавливаемым в выдвижную пиноль задней бабки *11*, вращением маховичка с рукояткой P_1 (см. рис. 1.10) сообщают движение подачи при обработке отверстий, расположенных по оси вращения заготовки.

Привод быстрого перемещения суппорта 16 применяется 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 передаётся вращение на ходовой вал.

Токарные приспособления

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

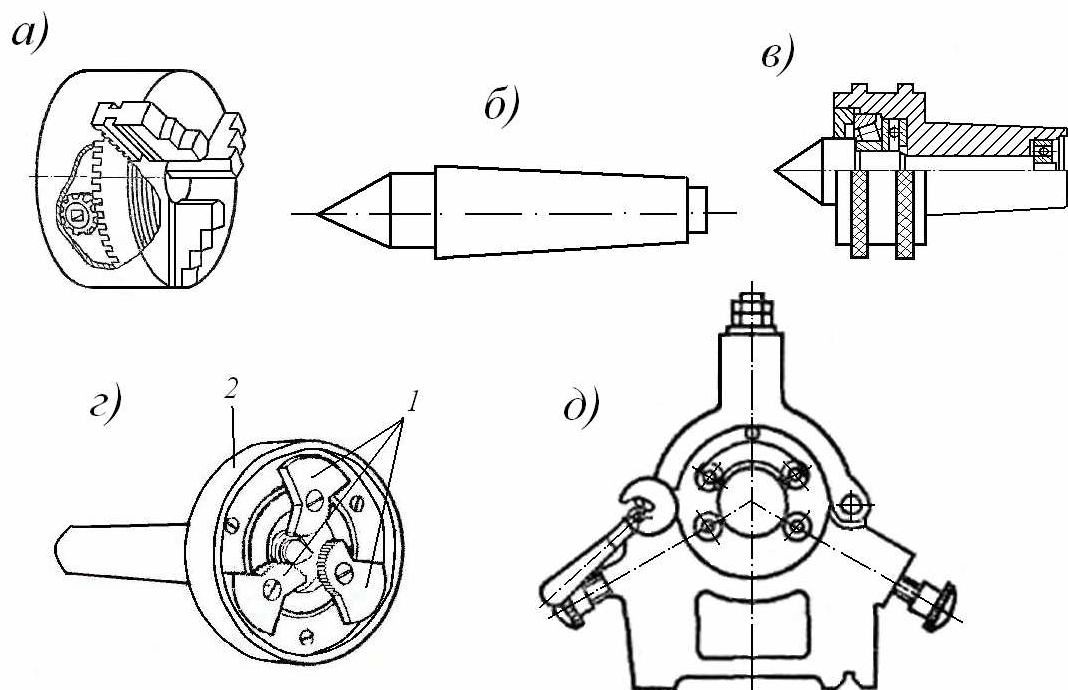


Рис. 1.11. Приспособления к токарным станкам:

- а) — трёхкулачковый самоцентрирующий патрон; б) — центр обыкновенный; в) — центр вращающийся; г) — поводковый патрон; д) — люнет неподвижный

К основным типам приспособлений относят: двух-, трёх- и четырёхкулачковые патроны, цанговые и поводковые (рис. 1.11, г) патроны, центры (рис. 1.11, б, в), люнеты. Патроны закрепляют на шпинделе станка, а центры устанавливают в пиноли задней бабки или в отверстии шпинделя станка.

Кулачковые патроны подразделяют на самоцентрирующие, обеспечивающие при закреплении заготовки, имеющей цилиндрическую

поверхность (наружную или внутреннюю), совпадение её оси с осью центров станка, и простые, не реализующие эту функцию.

Самоцентрирующие патроны в большинстве случаев изготавливают трёхкулачковыми (рис. 1.11, *а*) и реже — двухкулачковыми. Патроны этого типа удобны в работе, так как все кулачки, закрепляющие заготовку, перемещаются по радиальным пазам к центру или от центра одновременно и синхронно друг с другом. При использовании самоцентрирующих патронов значительно сокращается время на закрепление заготовки.

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

При обработке на токарных станках длинных и нежёстких заготовок применяют люнеты. Люнеты подразделяют на неподвижные (рис. 11.1, *д*), закрепляемые на станине станка, и подвижные, устанавливаемые на суппорт. Неподвижный люнет при обработке заготовки не меняет своего положения относительно станка. Подвижный люнет, используемый при продольном точении, перемещается вместе с суппортом. Обработку заготовок несимметричных форм осуществляют с использованием планшайб, угольников, оправок и других различных специальных приспособлений.

Наладка токарно-винторезного станка

Наладкой называют процесс подготовки технологического оборудования и технологической оснастки к выполнению определённой операции (ГОСТ 3.1109–82). Наладка токарно-винторезного станка 16К20 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 проверяют подводкой его к вершине конуса предварительно выверенного по высоте центра, установленного в пиноли задней бабки.

При установке резца необходимо следить за тем, чтобы его выступающая часть была бы 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 надёжным и прочным, поэтому резец закрепляют не менее чем двумя болтами, которые равномерно и туго затягивают.

Установка и закрепление заготовки. Для установки и надёжного закрепления круглых заготовок с отношением длины заготовки к её диаметру до четырёх используют трёхкулачковые самоцентрирующие патроны. Заготовки большей длины устанавливают в трёхкулачковых самоцентрирующих патронах с поджимом центром, располагаемым в отверстии пиноли задней бабки, либо в центрах с использованием поводкового патрона (рис. 1.11, *г*), закрепляемого 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, исполненный в виде конуса, делают вращающимся (вращающийся центр, рис. 1.11, *в*).

Вращение на заготовку при установке в поводковом патроне (рис. 1.11, *г*) передаётся через три поворачивающихся сектора 1, закреплённых на корпусе 2. Поворот секторов, происходящий под действием силы резания, обеспечивает заклинивание заготовки и её неизменное положение относительно вращающегося корпуса. Недостатком такого патрона является образование вмятин на заготовке в месте закрепления при больших силах резания.

Короткие заготовки некруглой формы устанавливают на специальном приспособлении, называемом планшайбой, или в четырёхкулачковом патроне. Прутки и длинные заготовки небольших диаметров обычно пропускают через сквозное отверстие шпинделя, выдвигая их на требуемую длину и зажимая в трёхкулачковом 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, проходяемое точкой режущей кромки инструмента относительно заготовки в единицу времени. При точении скорость резания v определяют по формуле

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

где D — наибольший диаметр обрабатываемой поверхности заготовки 1 (рис. 1.12), мм; n — частота вращения заготовки, об/мин.

Подачей S называют расстояние, проходимое инструментом относительно заготовки в направлении движения подачи D_s 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* и обозначают S_o , мм/об.

Глубиной резания t называют расстояние по перпендикуляру между обрабатываемой 1 и обработанной 2 поверхностями заготовки. В соответствии с обозначениями, данными на рисунке 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 заданному или выбранному значению скорости главного движения резания v рассчитывают частоту вращения шпинделя $n_{расч}$ по формуле

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

Вслед за этим выбирают по паспортным данным станка частоту вращения шпинделя $n_{см}$, выполнив условие $n_{см} \leq n_{расч}$, и устанавливают рукоятки коробки скоростей в положения, соответствующие этому значению.

Наладка подачи инструмента заключается в установке рукояток на коробке подач станка в положения, обеспечивающие значение подачи S_o равное или меньшее значению подачи, указанной в технологической документации.

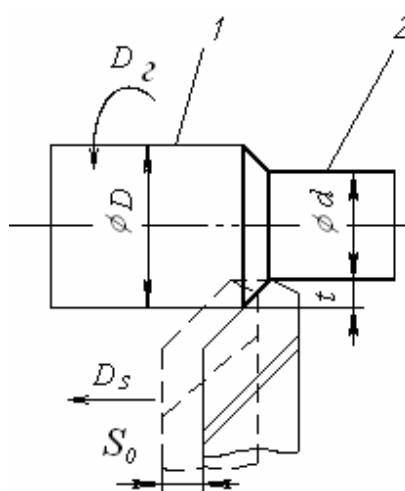


Рис. 1.12. Схема точения

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 наружной поверхности 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. На станке 16K20 цена деления лимба поперечной подачи резца равна 0,05 мм.

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 от заготовки вправо;
- 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, 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 широким резцом (см. рис. 1.9, а). Конические поверхности (наружные и внутренние) с небольшой высотой конуса (не более 15–20 мм) обрабатывают широким резцом с углом в плане, соответствующем углу уклона конуса. Движение подачи резца может быть продольным или поперечным. Применять более широкие резцы можно лишь на особо жёстких станках и заготовках, если это не вызывает вибраций резца и обрабатываемой заготовки.

Обработка конической поверхности поворотом верхнего суппорта (см. рис. 1.9, б). Для точения на токарных станках коротких наружных и внутренних конических поверхностей нужно повернуть верхний суппорт относительно оси станка под углом уклона конуса $\alpha/2$. При таком способе движение подачи производят обычно вручную — вращением рукоятки винта верхнего суппорта.

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

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

$$\alpha/2 = \arctg[(D - d)/2\ell]. \quad (1.3)$$

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 только сравнительно короткие конические поверхности длиной не более 140 мм в связи с ограниченной длиной хода каретки верхнего суппорта.

Точение конической поверхности поперечным смещением корпуса задней бабки (см. рис. 1.9, в). Для получения конической поверхности этим способом заготовку устанавливают в центрах, используя передний 5, задний 4 центры станка и поводковый патрон, обеспечивающий передачу вращения со шпинделя станка на заготовку. Поводковый патрон, представленный на рисунке 1.9, в, состоит из планшайбы 1, поводка 2 и хомута 3, закрепляемого на левом необрабатываемом конце заготовки.

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, нанесённые на торце её опорной плиты, и риску на торце корпуса задней бабки.

При таком расположении заготовки на станке ось её вращения не будет параллельна направлению перемещения резца (см. рис. 1.9, в), а обработанная поверхность заготовки окажется конической.

Величину поперечного смещения корпуса задней бабки определяют по следующей формуле:

$$h = L(D - d)/2\ell, \quad (1.4)$$

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.

Обработку конусов методом поперечного смещения корпуса задней бабки применяют на заготовках большой длины (валах), 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;
- смещение осей центров, располагающихся в центровых отверстиях заготовки, друг относительно друга, что приводит к неравномерному износу 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, имеющие на коническом участке вместо конической вершины небольшую шаровую поверхность.

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

Универсальным инструментом для измерения углов конусов является угломер, которым можно измерять углы от 0 до 360°. 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 реализуют 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 ряд других работ оператора или движений узлов оборудования. В технологических документах, описывающих последовательность изготовления детали, вспомогательные и технологические переходы нумеруют последовательно друг за другом арабскими цифрами.

Важнейшими технологическими документами, на основе которых осуществляют подготовку станка и обработку заготовок, являются маршрутная и операционная карты и карты эскизов обработки, в которых представлены последовательность, схемы переходов, режимы обработки, приспособления и инструмент. Разработку таких документов осуществляют технологи. В учебном процессе при выполнении практических работ и при разработке технологических процессов используется упрощенная технологическая документация, соответствующая уровню изучаемого материала и названная далее как «Технологическая карта последовательности изготовления детали».

Содержание работы

Работа включает: изучение видов токарных работ, устройства, назначения и содержания подготовки к работе токарно-винторезного станка модели 16K20, выбор способов токарной обработки поверхностей конкретной заготовки и разработку технологической карты изготовления детали заданной формы и размеров, подготовку отчёта.

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 по пособию устройство и назначение токарно-винторезного станка модели 16K20.

3. Проследите за выполнением на станке учебным мастером следующих токарных работ: точение цилиндрической и конической поверхностей, подрезание торца заготовки, сверление отверстия, нарезание резьбы, отрезание заготовки.

4. Получите индивидуальное задание для самостоятельной работы (таблица 1.1) по разработке последовательности и эскизов изготовления детали методом токарной обработки и выбору технологической оснастки.

Выполните перечисленные далее действия.

4.1. Начертите эскизы заготовки и детали с контуром заготовки и обозначьте на эскизе детали арабскими цифрами обрабатываемые поверхности.

Примечание: На эскизе детали (таблица 1.1) обрабатываемые поверхности выделены утолщёнными линиями. Контур заготовки на эскизах показан пунктирной линией. Пример представления задания в отчёте дан на рисунке 1.13.

4.2. Для каждой из обрабатываемых поверхностей выберите способ токарной обработки, а для обработки конической поверхности — конкретный метод обработки (см. рис. 1.9), режущий инструмент и приспособление.

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

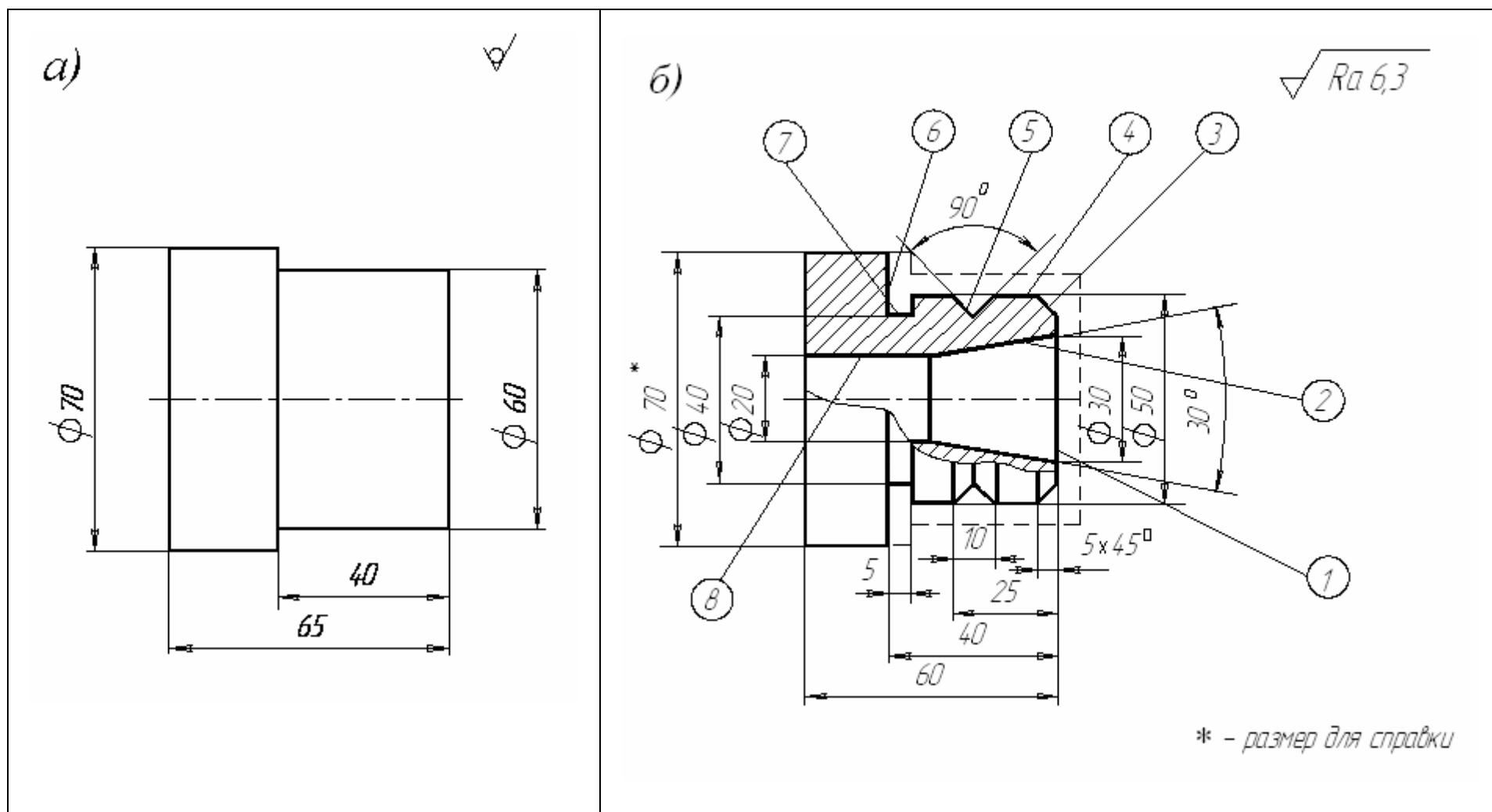
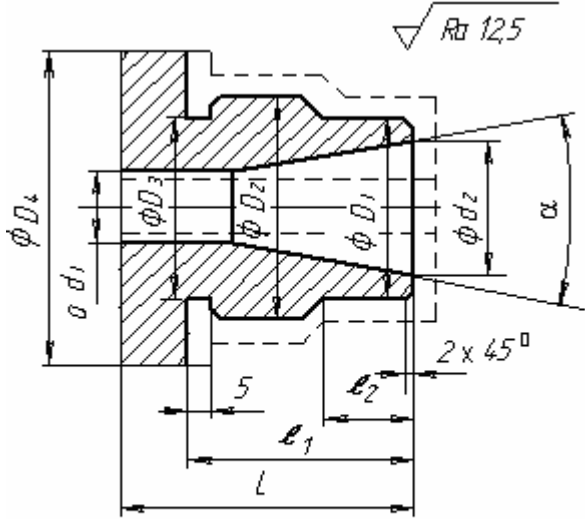
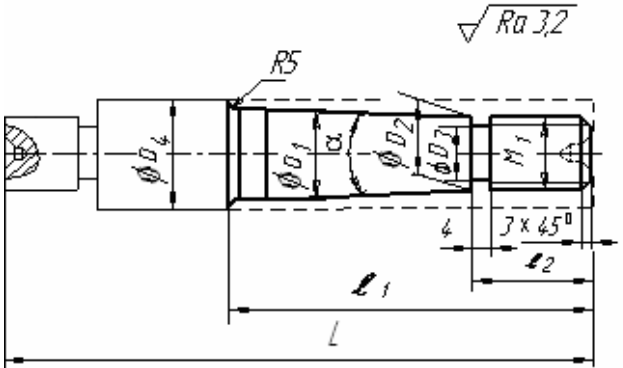


Рис. 1.13. Эскизы заготовки (а) и детали с нумерацией обработанных поверхностей (б)

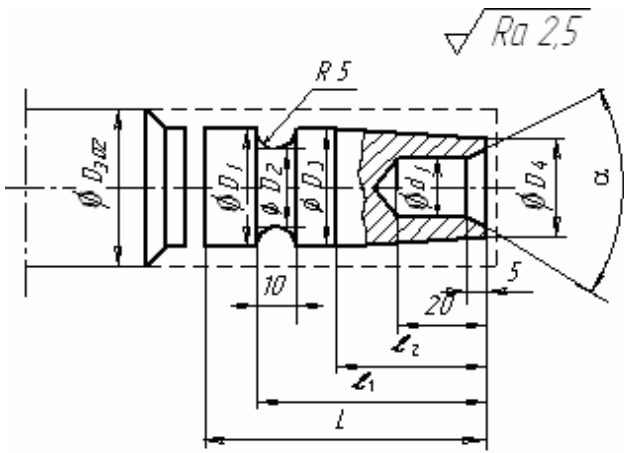
Таблица 1.1

Индивидуальные задания

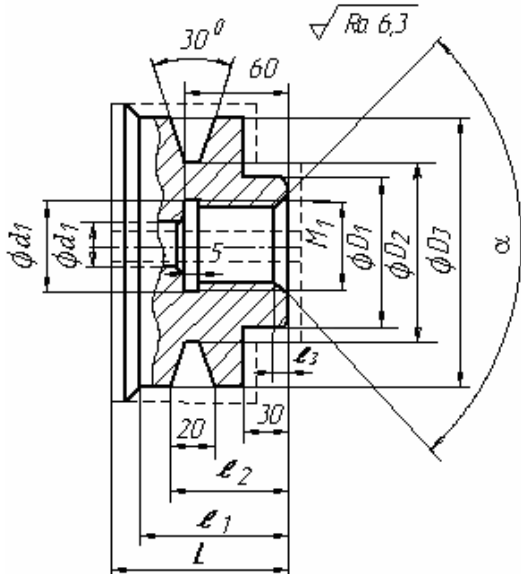
№ п/п	Эскиз детали с припусками на обработку	Размеры детали										Элементы режима резания		
		L , мм	ℓ_1 , мм	ℓ_2 , мм	D_1 , мм	D_2 , мм	D_3 , мм	D_4 , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	α , град.	t , мм	v , м/мин	S_o , мм/об
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	 Припуск на обработку 10 мм.	120	100	40	60	70	60	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	45	20	140	150	140	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	v , м/мин	S_o , мм/об
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4	 Technical drawing of a stepped shaft. The shaft has a total length L. It features a central section with diameter ϕD_1 and length ℓ_1. To the left of this section is a larger diameter section with diameter ϕD_4. To the right is a smaller diameter section with diameter ϕD_2 and length ℓ_2. The shaft is threaded with M_1 on the right end. A fillet with radius $R5$ transitions between the diameters. A surface finish symbol indicates $Ra 3,2$. A detail view shows a thread profile with a $3 \times 45^\circ$ chamfer.	500	380	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

Продолжение табл. 1.1

№ 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	v , м/мин	S_o , мм/об
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
7	 Диаметр заготовки $D_{3\text{из}} = D_1 + 4 \text{ мм}$	100	70	35	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	55	80	40	50	40	20	118	1,0	200	0,15

Окончание табл. 1.1

№ п/п	Эскиз детали с припусками на обработку	Размеры детали											Элементы режима резания		
		L , мм	ℓ_1 , мм	ℓ_2 , мм	ℓ_3 , мм	D_1 , мм	D_2 , мм	D_3 , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	α , град.	M_1	t , мм	v , м/мин	S_o , мм/об
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
10		95	70	60	10	80	125	150	40	60	90	$M50$	–	190	0,15
11		95	70	60	30	80	110	150	50	70	20	$M60$	–	180	0,20
12		100	75	60	5	110	170	210	80	100	120	$M90$	–	170	0,25
Припуск на обработку 4 мм.		По варианту № 12 точению подлежит трапецевидальная канавка													

4.4. Начертите эскизы технологических переходов обработки заготовки и представьте их последовательность в виде технологической карты изготовления детали. В таблице 1.2 дан пример разработки последовательности изготовления детали, выполненный применительно к заданию, представленному на рисунке 1.13.

4.5. Выполните расчёты, необходимые для наладки станка на обработку конической поверхности с углом конуса α (определите n_{cm} , S_o , t), используя формулы (1.2–1.4), и опишите процесс наладки.

Исходные при расчётах значения элементов режима резания для обработки конической поверхности представлены в трёх правых столбцах таблицы 1.1.

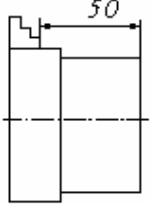
4.6. Определите число рабочих ходов i , необходимых для удаления припуска при обработке конической поверхности. Значение i рассчитывают по формуле (1.5) в тех случаях, когда толщина припуска на сторону превышает допустимое или указанное в задании значение глубины резания t .

$$i = |D_{заг} - d|/2t, \quad (1.5)$$

где $D_{заг}$ — диаметр заготовки или диаметр обработанной поверхности перед выполнением перехода обработки конической поверхности, d — диаметр наименьшего (для внутренней конической поверхности — наибольшего) основания конуса детали. Полученную по формуле (1.5) цифру округляют до целого значения в большую сторону.

Таблица 1.2

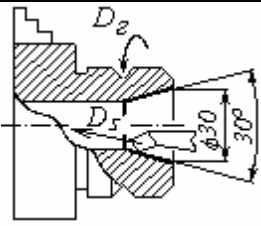
Технологическая карта последовательности изготовления детали «Втулка» на токарно-винторезном станке модели 16K20

Но- мер пе- ре- хода	Номер обраба- тывае- мой по- верхно- сти	Содержание перехода	Эскиз перехода	Режущий инстру- мент	Приспо- собление
1	2	3	4	5	6
1		Установить и закрепить заготовку.			Трёхку- лачковый самоцен- трирую- щий патрон

Продолжение табл. 1.2

1	2	3	4	5	6
2	1	Подрезать то- рец заготовки в размер 60 мм.		Подрезной резец	Трёхку- лачко- вый са- моцен- три- рующий патрон
3	4, 6	Точить по- верхность диа- метром 50 мм на длину 40 мм.		Проходной прямой упорный резец	
4	8	Сверлить отвер- стие диаметром 20 мм напроход.		Спираль- ное сверло Ø 20 мм	Втулка пере- ходная
5	3	Точить фаску $5 \times 45^\circ$.		Проходной отогнутый резец	Трёхку- лачко- вый са- моцен- три- рующий патрон
6	7	Точить канавку диаметром Ø40 мм и шири- ной 5 мм.		Канавоч- ный резец	
7	5	Точить канавку с углом 90° .		Фасонный резец	

Продолжение табл. 1.2

1	2	3	4	5	6
8	2	Расточить коническую поверхность с углом 30° .		Расточной проходной резец	
9		Раскрепить и снять деталь.			

Содержание отчёта

1. Наименование работы.
2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (см. таблицу 1.1).
Индивидуальное задание: «Разработать последовательность токарной обработки заготовки детали «_____», выбрать технологическую оснастку, режим обработки и подготовить технологическую карту».
3. Эскизы детали (с указанием размеров поверхностей, подлежащих обработке, по примеру рисунка 1.13, б) и заготовки.
4. Последовательность изготовления детали в виде технологической карты (по примеру, представленному в таблице 1.2).
5. Выбор метода обработки конической поверхности, типа режущего инструмента и описание наладки станка на её обработку.
6. Расчёты для наладки станка на обработку конической поверхности:
 - определение частоты вращения шпинделя станка $n_{расч}$ по формуле (1.2) и выбор $n_{см}$;
 - расчёт числа рабочих ходов i , необходимых для удаления припуска при обработке конической поверхности, по формуле (1.5);
 - расчёт числа делений по лимбу станка k , на которое следует повернуть винт поперечного перемещения салазок суппорта при установке резца на заданную глубину резания;
 - расчёт угла поворота верхнего суппорта $\alpha/2$ по формуле (1.3) или величины смещения задней бабки h по формуле (1.4).

1.2. ФРЕЗЕРНЫЕ РАБОТЫ, НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО УНИВЕРСАЛЬНЫХ КОНСОЛЬНО- ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

Цель работы: знания видов фрезерных работ, типов фрез и фрезерных приспособлений, устройства и назначения универсальных горизонтально- и вертикально-фрезерного станков и универсальной делительной головки (УДГ); умения разрабатывать последовательность и рисовать схемы фрезерования поверхностей заготовки, выбирать технологическую оснастку и выполнять расчёты, необходимые для наладки станка и УДГ.

Общие сведения

Фрезерование является одним из распространённых технологических методов обработки резанием плоских и фасонных поверхностей, прямых и винтовых канавок, сложных поверхностей типа «зубья зубчатых колёс», «шлицы», «шпоночная канавка». При этом обеспечивается точность размеров не выше 9–10-го квалитетов точности и шероховатость поверхностей с параметром Ra до 2,5 мкм. Фрезерование выполняют на станках фрезерной группы многолезвийными режущими инструментами – фрезами. Группа фрезерных станков включает консольные горизонтально-фрезерный, вертикально-фрезерный и широкоуниверсально-фрезерный станки, бесконсольные фрезерные, продольно-фрезерные, копировально-фрезерные и другие типы станков (приложение 1).

К основным типам фрез, используемым на этих станках, относят цилиндрические, концевые, торцовые, дисковые, отрезные, фасонные и специальные фрезы.

Виды фрезерных работ и типы фрез

Схемы выполняемых методом фрезерования работ и типы используемых фрез представлены на рисунке 1.14 применительно к обработке заготовок на горизонтально-фрезерном и вертикально-фрезерном станках. При фрезеровании главное вращательное движение резания D_z придают фрезе. Движение подачи D_s выполняет заготовка, перемещающаяся относительно фрезы.

Фрезерование горизонтальных, вертикальных и наклонных плоскостей. Для обработки горизонтальных плоскостей в качестве режущих

инструментов чаще всего используют цилиндрические и торцовые фрезы. Схемы обработки таких поверхностей представлены соответственно на рисунках 1.14, а, б.

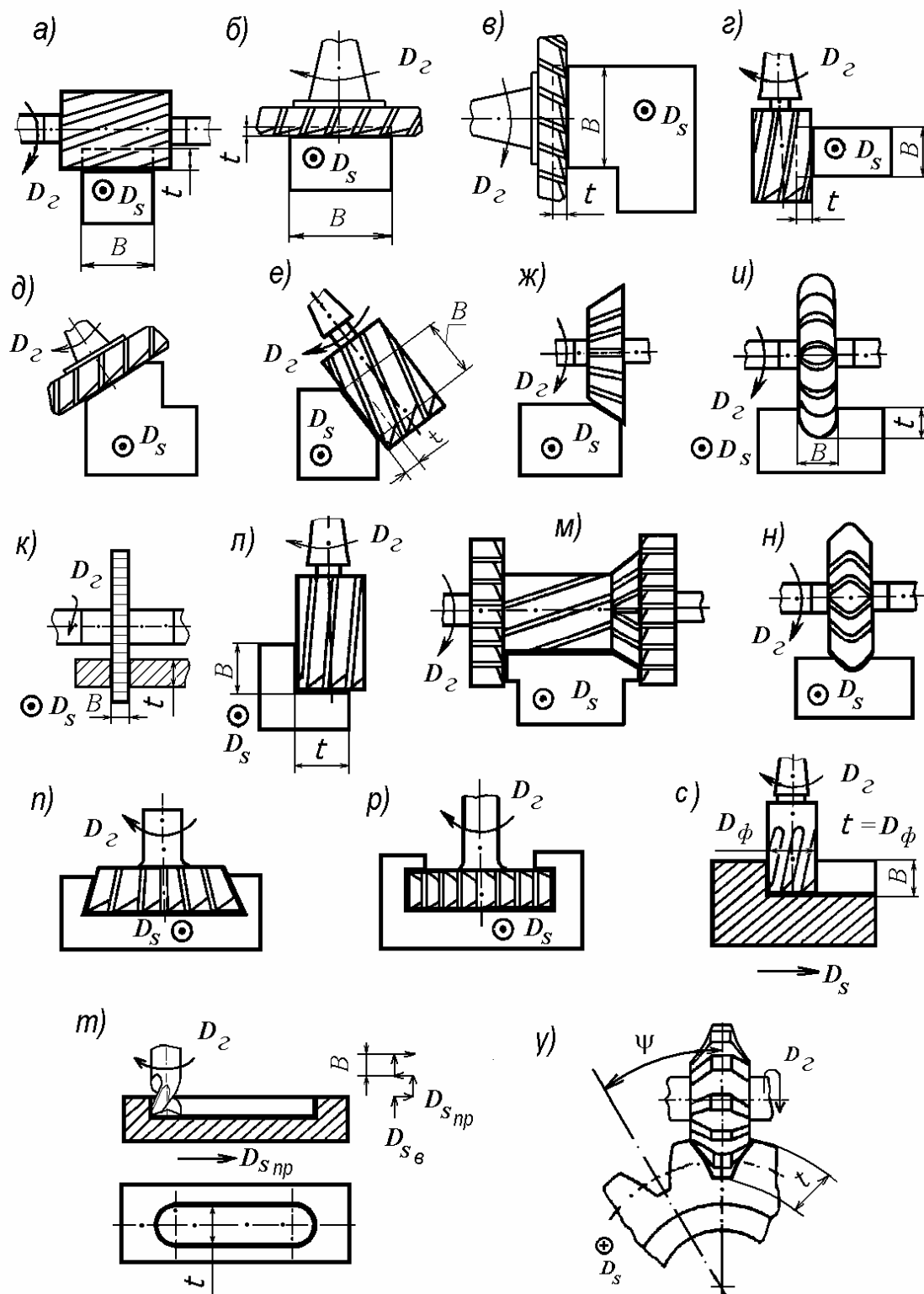


Рис. 1.14. Схемы фрезерования

Цилиндрическими фрезами обрабатывают плоские поверхности шириной B до 180 мм в основном на горизонтально-фрезерных станках. Эти фрезы могут быть с прямыми и винтовыми зубьями. Фрезы с винтовыми зубьями работают плавно, с примерно постоянными силами резания, что обеспечивает их более широкое распространение в производстве по отношению к фрезам с прямыми зубьями. Прямозубые цилиндрические фрезы используют чаще всего для обработки узких плоскостей, где преимущества фрез с винтовыми зубьями незначительны.

Торцовыми фрезами обрабатывают плоскости с большей шириной, чем цилиндрическими фрезами. В соответствии с ГОСТ 26595- 85 выпускают торцовые фрезы диаметром до 500 мм. При торцовом фрезеровании в резании участвует большее число зубьев, что обеспечивает их плавную работу даже при небольших припусках на обработку. Ось торцовой фрезы устанавливают перпендикулярно к изготавливаемой плоскости детали. Жёсткость закрепления фрез этого типа также более высокая, чем цилиндрических фрез, что позволяет применять при торцовом фрезеровании более производительные режимы резания.

Вертикально расположенные плоскости фрезеруют торцовыми и концевыми фрезами в соответствии со схемами, приведёнными на рисунках 1.14, *в*, *г*. Концевые фрезы изготавливают диаметром до 80 мм.

Фрезерование наклонных плоскостей выполняют торцовыми, концевыми и угловыми фрезами (рис. 1.14, *д*, *е*, *ж*). При фрезеровании поверхностей этого типа торцовой или концевой фрезой требуется повернуть головку шпиндельного узла станка с закреплённой в нём фрезой на угол наклона плоскости или наоборот – обеспечить соответствующий угол поворота заготовки.

Фрезерование фасонных поверхностей. Фрезерование фасонной поверхности вызывает большие сложности, чем обработка плоскости, так как для этого необходима специально изготовленная фасонная фреза. Профиль такой фрезы в поперечном сечении соответствует фасонному профилю поверхности изготавливаемой детали (рис. 1.14, *и*, *у*). Для обеспечения удобства фрезерования поверхностей данной формы в чертежах деталей преимущественно используют фасонные поверхности открытого типа, образующими которых являются прямые линии.

На станках с числовым программным управлением для фрезерования фасонных поверхностей часто используют концевые фрезы с закругленной торцовой поверхностью. Рабочие движения узлов станка осуществляются в таком случае по командам специально разрабатываемой управляющей программы.

Разрезание. Разрезание заготовки осуществляют дисковыми отрезными фрезами в соответствии со схемой, представленной на рисунке 1.14, к. Заготовку при отрезных работах закрепляют в тисках так, чтобы фреза располагалась как можно ближе к губке тисков, но не задевала бы за неё. Изготавливают отрезные фрезы шириной до 28 мм.

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

На рисунке 1.14, л представлена схема фрезерования уступа на заготовке концевой фрезой. Этим способом получают уступы небольших размеров. Поверхности такого типа можно обработать и дисковыми фрезами.

Модуль поверхностей, представляющий сочетание поверхностей с линейными образующими, рационально в условиях серийного и массового производств фрезеровать набором фрез по схеме, данной на рисунке 1.14, м.

Фрезерование прямолинейных и винтовых пазов и канавок осуществляют дисковыми и концевыми фрезами в соответствии со схемами, представленными на рисунках 1.14, и, н, с. Пазы и канавки лучше фрезеровать дисковыми фрезами, так как они имеют большую прочность, 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 жёсткостью. Этими инструментами можно фрезеровать пазы шириной до 50 мм. Применение концевых фрез особенно эффективно при обработке пазов в труднодоступных местах и на заготовках, изготовленных из вязких материалов.

Пазы типа «ласточкин хвост» (рис. 1.14, *n*) фрезеруют за два перехода. При первом переходе изготавливают 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 рисунке 1.14, *n*. Этот же принцип используется и при изготовлении Т-образных пазов (рис. 1.14, *p*).

Открытые шпоночные пазы невысокой точности, открытые с одной стороны, можно фрезеровать с помощью концевых фрез на вертикально-фрезерных станках в соответствии со схемой, представленной на рисунке 1.14, *c*. Точные по размерам и расположению на детали, закрытые шпоночные пазы фрезеруют на фрезерно-шпоночных станках специальными шпоночными фрезами за несколько рабочих ходов по схеме, изображённой на рисунке 1.14, *m*. При этом способе заготовке периодически придают вертикальное движение подачи D_{S_v} в направлении к шпинделю, где закреплена фреза, что обеспечивает врезание фрезы в заготовку на 0,1–0,3 мм, а затем движением продольной подачи $D_{S_{np}}$ фрезеруют паз на всю длину. Дальнейшую обработку осуществляют аналогичными циклами до достижения заданной глубины паза.

Одним из распространённых и сложных видов фрезерования является изготовление зубьев зубчатых колёс. Выполняется эта операция различными способами, схема одного из которых дана на рисунке 1.14, *y*. В качестве инструмента при обработке по данной схеме используют дисковую модульную фрезу, профиль которой в поперечном сечении соответствует профилю канавки венца зубчатого колеса. Этот метод формирования профиля обрабатываемой поверхности называют методом копирования.

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

Устройство и назначение универсального горизонтально-фрезерного станка

Универсальные горизонтально- и вертикально-фрезерный станки относят к станкам, предназначенным для эксплуатации в условиях единичного

и мелкосерийного производств. Устройство и назначение этих близких по конструктивным особенностям консольных фрезерных станков рассмотрим на основе изучения универсального горизонтально-фрезерного станка модели 6Т82, общий вид которого представлен на рисунке 1.15.

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 рис. 1.15 не указана), которую левым концом устанавливают в шпинделе 5 станка.

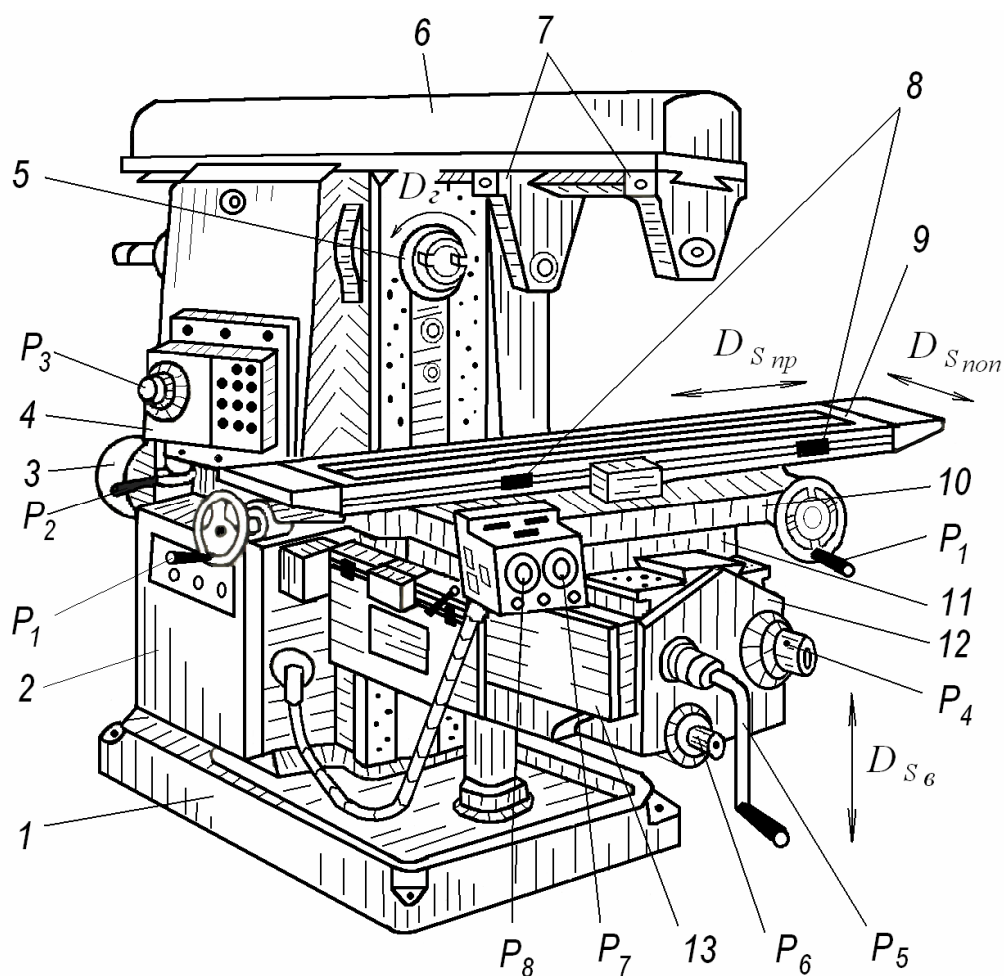


Рис. 1.15. Общий вид универсального горизонтально-фрезерного станка модели 6Т82

Оправка вместе с надетой на неё 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 горизон-

тальной оси и осуществлять обработку по схеме, представленной на рисунке 1.14, в. Это движение фрезы является при фрезеровании главным движением резания D_z . На задней стенке станины станка 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, 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 12 имеет возможность перемещаться по направляющим станины в вертикальном направлении (движение вертикальной подачи D_{Se}). На консоли размещены поперечные салазки 11, поворотная часть стола 10 и стол 9. Заготовку закрепляют на столе станка, который вместе с ней получает при обработке продольное перемещение (движение продольной подачи D_{Snp}). Длина продольного перемещения стола станка может регулироваться с помощью перестановки передвижных упоров 8. Движение поперечной подачи D_{Snon} заготовке сообщают с помощью салазок 11, перемещающихся по поперечным направляющим консоли.

В отличие от обычного горизонтально-фрезерного станка данный станок обеспечивает возможность поворота верхнего стола станка 10 вокруг вертикальной оси поперечных салазок 11 вправо или влево на угол до 45^0 . Величину угла поворота определяют по градусным делениям, нанесённым 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 и P_5 . Для создания автоматического движения подачи и регулирования её величины на станке предусмотрены коробка подач 13 и автономный электродвигатель (на рисунке не показан). Коробка подач связывает электродвигатель движений подач с консолью 12, поперечными салазками 11 и столом 9. С помощью этой коробки обеспечивают возможность получения 22 различных значений подачи, ступенчато регулируемых рукояткой P_6 в пределах от 12,5 до 1250 мм/мин.

Фрезерные приспособления

В процессе фрезерования заготовка должна быть надёжно закреплена на столе станка в положении, обеспечивающем выполнение требуемых размеров, формы изготавливаемой поверхности и расположения её относительно других поверхностей детали. Закрепление должно быть достаточно прочным и жёстким, чтобы противостоять силам резания, возникающим при обработке. Чаще всего с этой целью применяют прихваты (прижимные планки), машинные тиски, упоры и универсальную делительную головку.

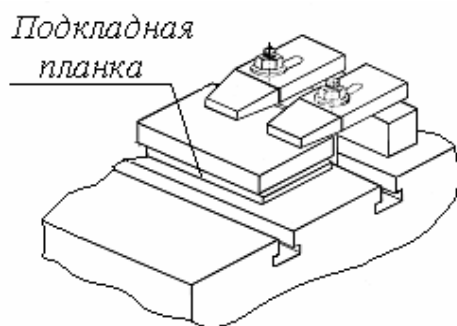


Рис. 1.16. Крепление заготовки прихватами

Простейшим видом крепёжных приспособлений являются прихваты, которые при помощи болтов прижимают заготовку либо к поверхности стола, либо к особым планкам, которые подкладывают под заготовку (рис. 1.16). Квадратные головки болтов при этом вводят в Т-образные пазы стола станка.

Для закрепления заготовок широко применяют также машинные тиски, у которых одна из губок неподвижна. В зависимости от того, как должна быть установлена заготовка по отношению к фрезе, используют простые (рис. 1.17, а), универсальные (рис. 1.17, б) и поворотные (рис. 1.17, в) машинные тиски.

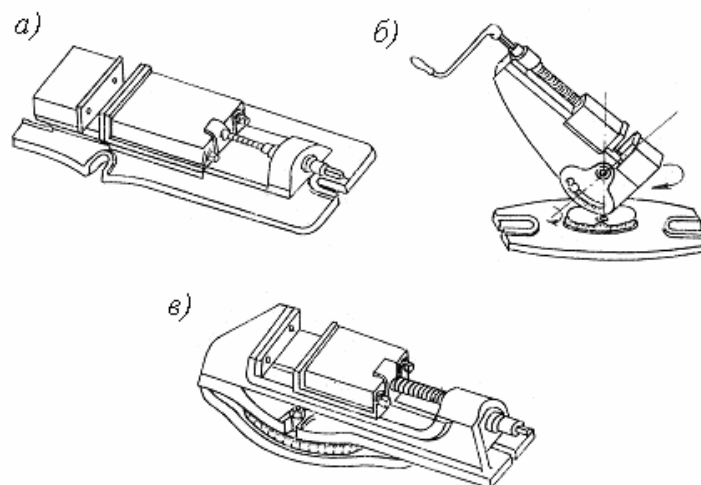


Рис. 1.17. Типы машинных тисков:

а) — простые, б) — универсальные, в) — поворотные

Поворотные тиски обеспечивают возможность поворота заготовки без её раскрепления вокруг вертикальной оси, а универсальные – вокруг вертикальной и горизонтальной осей. Углы поворота устанавливают по цифрам, 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 поверхностей, расположенных под заданными углами друг к другу. Примером детали с такими поверхностями, выполненными в виде канавок, является зубчатое колесо, схема фрезерования одной из канавок которого представлена на рисунке 1.14, у.

Фрезерование очередной канавки или поверхности другой формы после изготовления предыдущей без раскрепления и снятия заготовки со станка требует поворота её на заданный между поверхностями угол ψ . С этой целью используют приспособление, называемое *универсальной делительной головкой* (рис. 1.18). 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 её поворот на требуемый угол, обеспечивать непрерывное вращение заготовки с различной частотой при фрезеровании винтовых канавок.

Универсальные делительные головки используют при выполнении таких видов работ, как нарезание зубьев зубчатых колёс, фрезерование стружечных канавок у свёрл, развёрток, зенкеров, метчиков, фрез; фрезерование боковых граней болтов, гаек и т. п.

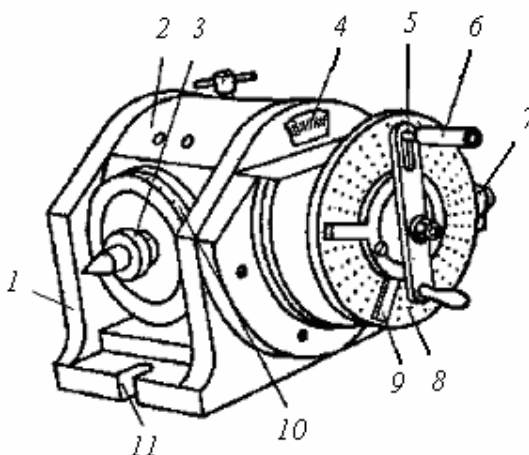


Рис. 1.18. Универсальная делительная головка

Устройство УДГ. Универсальная делительная головка состоит из неподвижного корпуса 1, на основании которого сделаны два паза 11, 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. Отсчёт угла наклона положения шпинделя производят по шкале 4. На наружной поверхности переднего конца шпинделя имеется резьба, служащая для закрепления трёхкулачкового самоцентрирующего патрона. Внутренняя поверхность переднего конца шпинделя имеет конусное отверстие, в которое можно устанавливать приспособления типов «центр», «переходная втулка» и «цанговый патрон».

Поворот шпинделя вокруг его оси осуществляют вращением рукоятки 6 со стержнем 5, который предназначен для фиксации положения рукоятки относительно делительного диска 8. 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 диска). Отверстия предназначены для размещения в них конца стержня фиксатора. Количество отверстий на делительных кругах, расположенных с одной стороны используемого в данной лабораторной работе делительного диска, равно 16, 17, 19, 21, 23, 29, 30, 31 и с другой стороны — 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54.

Вращение от рукоятки 6 через систему механических передач с передаточным отношением $1/40$ поступает 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 8. В связи с этим рассматривают три метода деления с помощью УДГ: непосредственное, простое и дифференциальное.

Непосредственное деление осуществляют поворотом шпинделя УДГ с закреплённой на нём заготовкой рукояткой 6. При этом отсчёт угла поворота на УДГ, представленной на рисунке 1.18, ведут по лимбу 10. Этот способ «деления», реализуемый на УДГ данного типа, не обеспечивает высокую точность угла поворота. Его применяют при повороте заготовок на углы типовых значений: 10, 20, 30, 40, 60, 90, 120, 180 градусов.

Современные УДГ с оптическими системами отсчёта угла поворота позволяют методом непосредственного деления осуществить поворот шпинделя с точностью до угловых секунд.

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 6. Требуемая точность углового расположения обработанных поверхностей достигается применением в процессе «деления» делительного диска 8 и проведением до обработки некоторых расчётов с последующей несложной наладкой УДГ.

Основная задача при расчётах состоит в определении числа оборотов n_p рукоятки 6 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 её 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 6 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 b дроби a/b , определяют множитель

$k = m/b$ и умножают на этот множитель числитель и знаменатель, получая дробь ak/bk . Число в знаменателе bk , определённое таким образом, соответствует числу отверстий на выбранном круге делительного диска, а числитель ak 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 расчёта осуществляют наладку УДГ. Суть её состоит в том, что рукоятку 6 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 ak , которое определяется по числу промежутков между отверстиями делительного круга. Количество этих промежутков ak устанавливают с помощью раздвижного сектора 9.

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

Наладка станка на фрезерование поверхности или системы поверхностей на заготовке включает: установку и закрепление фрезы, установку приспособления, наладку режима фрезерования и размерную наладку — установку заготовки относительно фрезы в положение, обеспечивающее выполнение заданного размера на детали.

Установка и закрепление фрезы на станке. Цилиндрические и дисковые фрезы, которые имеют посадочные отверстия, расположенные по оси инструмента, устанавливают на цилиндрической оправке. Диаметр оправки принимают равным диаметру осевого отверстия фрезы (рис. 1.19).

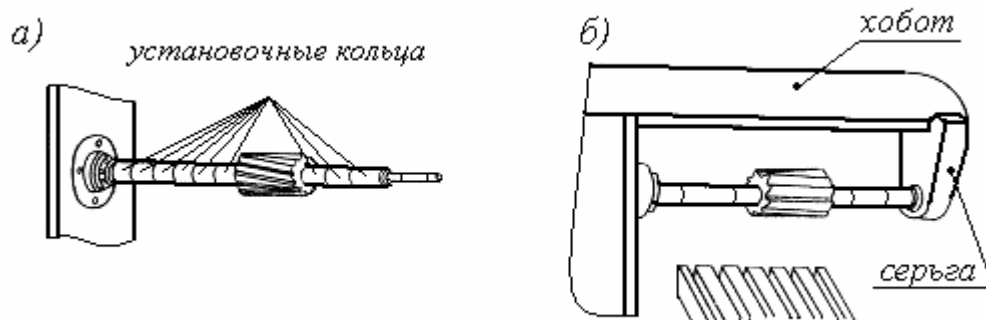


Рис. 1.19. Установка фрезы на оправке

Для того чтобы фреза оказалась расположенной на необходимом участке оправки, по обе её стороны размещают так называемые установочные кольца (рис. 1.19, а), осевые отверстия которых, также как и у фрезы, равны диаметру оправки. Сама оправка, снабжённая с одного конца коническим хвостовиком, вводится этим хвостовиком в такое же отверстие шпинделя. Свободный конец фрезерной оправки поддерживается подшипником серьги (рис. 1.19, б).

Фрезы, имеющие конический 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 с помощью УДГ. При необходимости периодического поворота заготовки в процессе обработки её установка и закрепление на станке могут быть реализованы путем использования УДГ следующими способами (рис. 1.20):

- в центрах делительной головки и задней бабки (рис. 1.20, а);
- на оправке, установленной в центрах делительной головки и задней бабки (рис. 1.20, б);
- на оправке, установленной в коническом отверстии шпинделя делительной головки (рис. 1.20, в);
- в трёхкулачковом самоцентрирующем патроне, навёрнутом на резьбовой конец шпинделя делительной головки (рис. 1.20, г);
- в цанговом патроне, установленном в коническом отверстии шпинделя делительной головки.

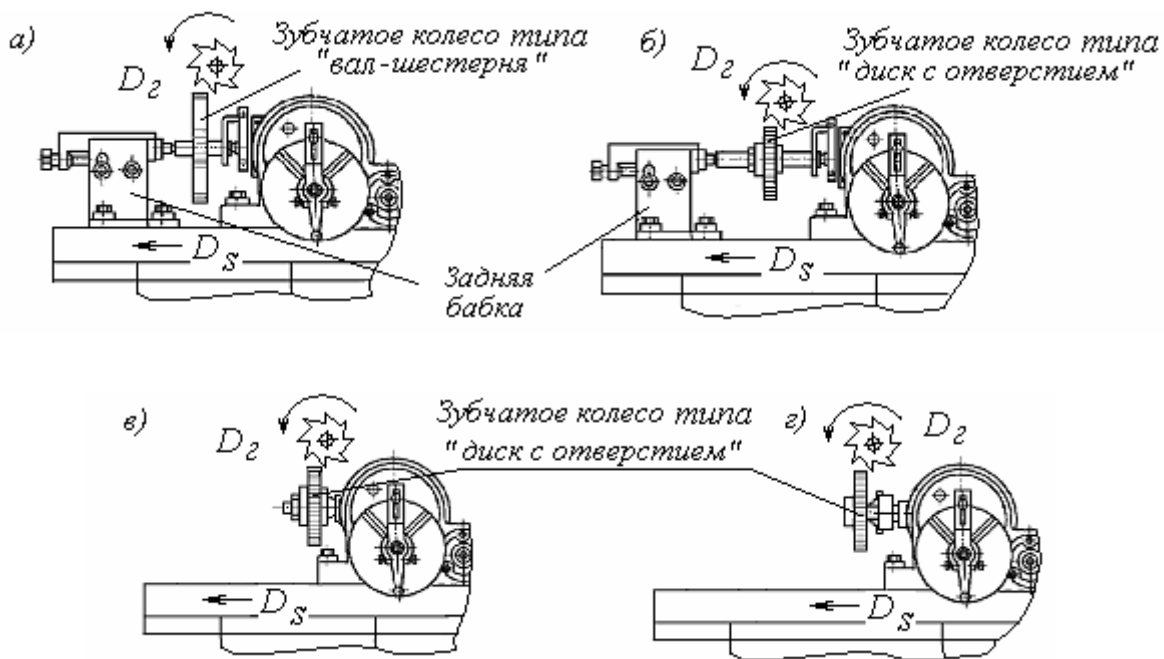


Рис. 1.20. Способы установки заготовки с использованием универсальной делительной головки

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 рисунке 1.14, у.

Расчёт и наладка режима резания. Элементами режима резания при фрезеровании являются: скорость главного движения резания v , подача заготовки S , глубина резания t и ширина фрезерования B .

Скорость главного движения резания v равна окружной скорости точек режущих кромок лезвия фрезы, наиболее удалённых от оси фрезы. При известной частоте вращения фрезы $n_{фр}$ скорость резания v , м/мин, определяют по формуле

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

где $D_{фр}$ — диаметр фрезы, мм (рис. 1.21, а); n — частота вращения фрезы, об/мин.

Скорость резания выбирают по справочнику в зависимости от обрабатываемого материала, геометрических параметров инструмента, его материала и ряда других условий фрезерования. Наладку станка на выбранную скорость главного движения резания v осуществляют в следующей последовательности:

— рассчитывают частоту вращения шпинделя $n_{расч}$ по формуле

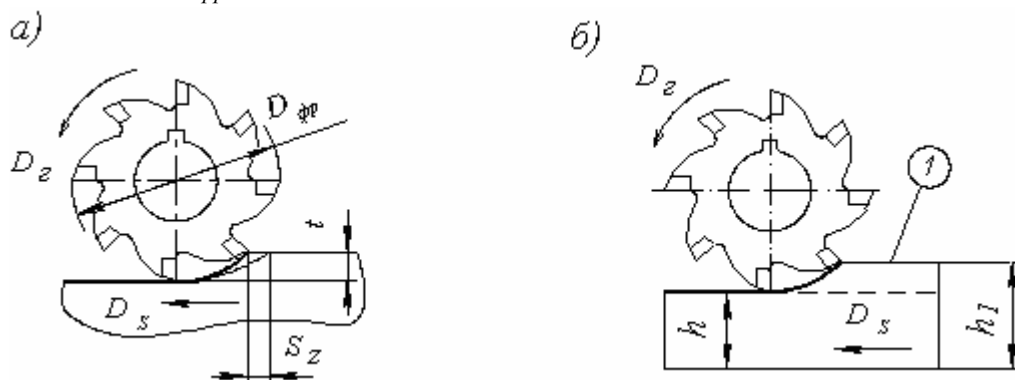
$$n_{расч} = 1000v/\pi D_{фр};$$


Рис. 1.21. Схема фрезерования (а) и схема размерной наладки (б)

— выбирают по табличным данным станка частоту вращения шпинделя, выполняя условие $n_{см} \leq n_{расч}$;

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

Подача S — величина перемещения заготовки относительно фрезы в единицу времени. Подачу выбирают, исходя из прочностей обрабатываемого материала и режущего инструмента, глубины резания и требований к шероховатости обработанной поверхности.

При фрезеровании различают три вида подачи:

— 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 её зубьев (рис. 1.21, а). Подачу на зуб S_z выбирают по справочнику. Она является исходной для расчёта S_o и S_m по формулам (1.9) и (1.10).

$$S_o = S_z z_{фр}; \quad (1.9)$$

$$S_m = S_z z_{фр} n. \quad (1.10)$$

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

Глубиной резания t называют расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями заготовки по нормали к обработанной поверхности (см. рис. 1.14). Установку фрезы на необходимую глубину резания t (для схемы, представленной на рисунке 1.21, *а*) при фрезеровании осуществляют с помощью лимба, расположенного на рукоятке вертикального перемещения консоли станка.

Лимб представляет собой кольцо, на окружности которого нанесены деления. Поворот рукоятки и винта с лимбом на одно его деление соответствует перемещению узла станка на расстояние, равное цене деления лимба.

Для установки глубины резания t следует:

- сообщить фрезе вращательное движение;
- подвести заготовку до касания обрабатываемой поверхности с фрезой вращением рукояток продольной, поперечной и вертикальной подач;
- установить «0» на лимбе механизма вертикального перемещения заготовки;
- отвести рукояткой продольного перемещения стола станка заготовку от фрезы;
- переместить консоль с заготовкой на глубину резания t поворотом рукоятки вертикальной подачи на k делений по лимбу, определив k по формуле $k = t/a$, где a – цена деления лимба;
- включить механическую подачу стола и фрезеровать поверхность заготовки.

Размерная наладка станка ставит целью получение в процессе обработки заданного на детали размера h (рис. 1.12, *б*). При снятии припуска с поверхности заготовки за один рабочий ход её нужно проводить в следующей последовательности:

- измерить на заготовке размер h_1 ;
- сообщить фрезе вращательное движение;
- подвести фрезу до касания с обрабатываемой поверхностью 1 заготовки вращением рукояток продольной, поперечной и вертикальной подач;
- установить «0» на лимбе механизма вертикального перемещения заготовки;
- отвести заготовку от фрезы;

— вращением рукоятки вертикальной подачи переместить стол с заготовкой на глубину резания немного меньшую, чем требуемая глубина резания $t = h_1 - h$;

— фрезеровать поверхность заготовки ручным движением подачи на длину 3–5 мм, после чего отвести стол в исходное положение;

— выключить вращение шпинделя $n_{см}$ и дождаться полной остановки шпинделя с фрезой;

— измерить полученный размер h и переместить стол в направлении требуемой глубины резания на расстояние, равное разности между получившимся и требуемым размерами;

— включить вращение шпинделя и механическую подачу стола, фрезеровать поверхность заготовки.

Содержание работы

Лабораторная работа включает: изучение видов фрезерных работ и типов фрез, устройства, назначения и основ наладки горизонтально-фрезерного станка модели 6Т82 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 и используемой технологической оснастке.

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

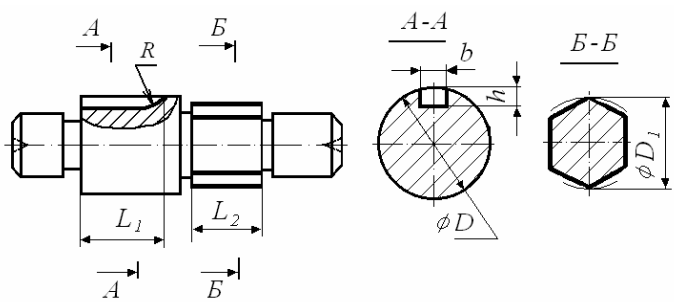
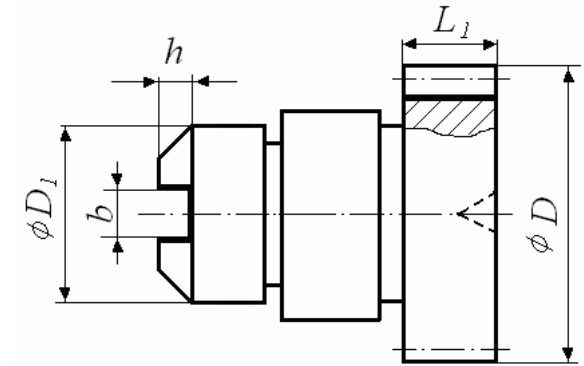
3. Проследите за выполнением учебным мастером на горизонтально-фрезерном и вертикально-фрезерном станках следующих фрезерных работ: фрезерование горизонтальных, вертикальных и фасонных поверхностей, уступов, разрезание, фрезерование прямых и винтовых канавок.

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

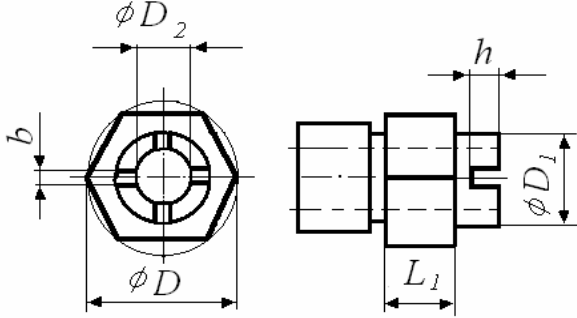
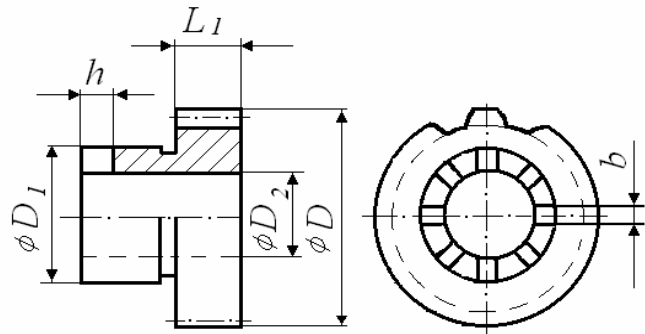
5. Выполните перечисленные далее действия.

Таблица 1.3

Индивидуальные задания

Номер задания	Эскиз детали	Размеры детали, мм						Число граней (зубьев), z	Модуль, m	Элементы режима резания	
		D	D_1	b	h	R	L_1, L_2			$v, \text{м/мин}$	$S_z, \text{мм/зуб}$
1		45	30	14	5,0	50	35	6	—	26	0,02
2		35	50	10	4,5	30	50	7	—	24	0,04
3		65	55	20	6,0	50	40	9	—	23	0,04
4		50	65	16	5,0	40	60	12	—	22	0,06
5		64	35	10	4,5	—	20	30	2	50	0,02
6		74	50	16	5,0	—	25	35	2,5	45	0,02
7		104	60	20	6,0	—	30	50	3	38	0,02
8		124	80	24	7,0	—	35	60	3,5	35	0,04

Окончание табл. 1.3

Номер задания	Эскиз детали	Размеры детали, мм						Число граней (зубьев), z	Мо- дуль, m	Элементы режима резания	
		D	D_1	D_2	b	h	L_1			v , м/мин	S_z , мм/зуб
9		70	40	24	8	10	15	6	—	26	0,02
10		80	50	27	10	15	20	6	—	24	0,04
11		90	60	30	12	20	25	7	—	26	0,02
12		100	70	33	16	20	30	9	—	24	0,04
13		74	50	30	10	8	25	35	2,5	40	0,02
14		94	70	50	12	10	30	45	3	30	0,04
15		114	80	55	12	10	35	55	3	26	0,1
16		130	110	60	15	12	40	50	3,5	26	0,02

5.1. Для каждой из обрабатываемых поверхностей выберите из представленных на рисунке 1.14 схему фрезерной обработки, режущий инструмент и приспособления.

Примечание. На эскизах индивидуальных заданий изготавливаемые поверхности детали выделены утолщёнными линиями.

5.2. Установите тип станка, на котором может осуществляться обработка каждой из поверхностей. Это могут быть горизонтально-фрезерный или вертикально-фрезерный станки. Согласуйте своё решение с преподавателем.

5.3. Ознакомьтесь при необходимости с назначением, устройством и особенностями обработки заготовок на вертикально-фрезерных станках по работе 4.3 данного пособия.

5.4. Выберите тип фрезы и её параметры ($D_{фр}$ и $z_{фр}$) для обработки каждой из поверхностей эскиза индивидуального задания, используя таблицу 1.4 и ориентируясь на форму обрабатываемой поверхности, её расположение относительно других поверхностей заготовки, выполняемые размеры и тип станка, на котором должна осуществляться обработка. Согласуйте Ваш выбор с преподавателем.

Таблица 1.4

Параметры фрез

№ п/п	Тип фрезы	Диаметр фрезы, $D_{фр}$, мм	Число зубьев фрезы, $z_{фр}$
1	Концевая фреза	6–18	4
2		20–30	5
3		32–40	6
4	Дисковая (дисковая модульная) фреза	50	10
5		65	10
6		80	12
7		100	14
8	Цилиндрическая фреза	80	8
9		100	10
10		125	15

5.5. С помощью преподавателя разработайте последовательность обработки заготовки. Предварительно ознакомьтесь с материалом раздела

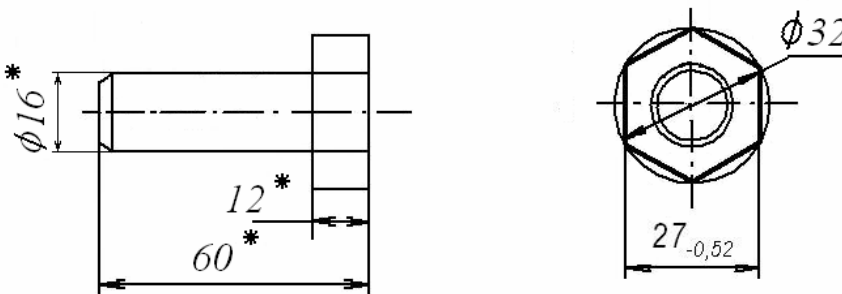
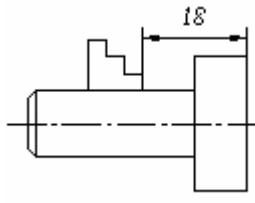
«Технология изготовления изделия и технологическая документация» работы 1.1.

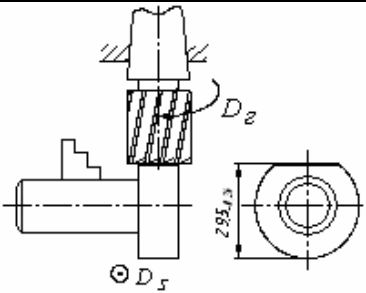
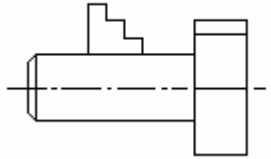
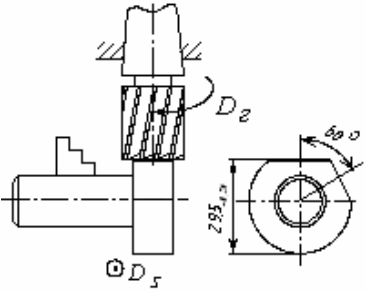
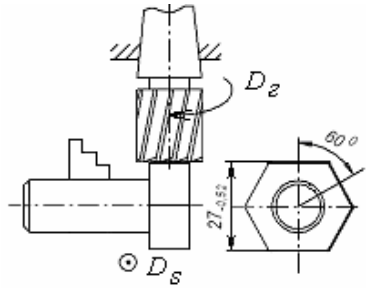
5.6. Разработайте технологический маршрут фрезерной обработки заготовки и представьте его в форме таблицы 1.5.

5.7. Выполните расчёты по наладке станка и УДГ на обработку многогранника или зубчатого венца, определив $n_{ст}$, S_m по формулам (1.7) – (1.10). Рассчитайте (определите) глубину t и ширину фрезерования B , используя обозначения этих параметров, приведенные на рисунках 1.14 и 1.21, и соответствующие им значения, указанные в таблице 1.4.

Таблица 1.5

Технологическая карта последовательности фрезерной обработки заготовки детали «Болт»

Технологический эскиз $\sqrt{Ra\ 6,3}$  * – размеры для справки				
№ п/п	Содержание перехода	Эскиз перехода	Режу- щий инстру- мент	Станок, приспособле- ния
1	2	3	4	5
1	Установить и закрепить заготовку.		Концевая фреза $D_{фр} = 30$ мм, $z_{фр} = 5$	Вертикально- фрезерный станок 6Р10, УДГ, трёхкулачко- вый самоцен- трирующий патрон

1	2	3	4	5
2	Фрезеровать первую грань.			Вертикально-фрезерный станок 6Р10, УДГ, трёхкулачковый самоцентрирующий патрон
3	Повернуть заготовку на угол 60°.			
4	Фрезеровать вторую грань.			
5–12	Повторить переходы 6 и 7, последовательно фрезеруя остальные грани шестигранника в размер 27_{-0,52}^{+0,52}.			
13	Раскрепить и снять деталь.			

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

Содержание отчёта

1. Наименование работы.
2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (таблица 1.3).

Индивидуальное задание: «Разработать последовательность фрезерной обработки заготовки детали «_____», выбрать технологическую оснастку и режим обработки, составить технологическую карту последовательности изготовления детали».

3. Технологический эскиз обработки заготовки (по примеру таблицы 1.5) и перечисление поверхностей, подлежащих обработке.

4. Технологическая карта последовательности фрезерной обработки.

5. Расчёты, необходимые для наладки станка для фрезерования многогранника или зубчатого венца.

5.1. Определение частоты вращения шпинделя станка $n_{см}$.

5.2. Расчёт и выбор значения подачи $S_{мсм}$.

5.3. Расчёт (определение) глубины резания t и ширины фрезерования B .

Примечание. Глубина резания t при фрезеровании канавки зубчатого венца равна 2,25 m .

5.4. Расчёты по наладке УДГ для фрезерования многогранника или зубчатого венца по формулам (1.6) и (1.7).

6. Последовательность наладки станка и УДГ на фрезерование заготовки.

1.3. СВЕРЛЕНИЕ, ЗЕНКЕРОВАНИЕ, РАЗВЁРТЫВАНИЕ ОТВЕРСТИЙ И НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБ НА РАДИАЛЬНО-СВЕРЛИЛЬНОМ СТАНКЕ

Цель работы: знания технологических методов обработки отверстий и видов осевых режущих инструментов, назначения и устройства радиально-сверлильного станка, умения назначать вид режущего инструмента в зависимости от заданной точности диаметра отверстия и шероховатости его поверхности, устанавливать на станке режимы сверления, зенкерования и развёртывания.

Общие сведения

Изготовление отверстий является распространённым видом механической обработки, выполняемым на сверлильных, расточных и токарных станках. К технологическим методам обработки отверстий относят сверление,

зенкерование, развёртывание, зенкование и нарезание резьб метчиками (рис. 1.22).

Сверление — технологический метод обработки заготовок с целью получения глухих и сквозных отверстий в сплошном материале свёрлами различных типов. Наиболее часто с этой целью применяют спиральные свёрла, которые позволяют сверлить отверстия в диапазоне диаметров от 0,1 до 80 мм (рис. 1.22, а). Точность просверленных отверстий в связи с малой жёсткостью инструмента, значительными осевыми силами резания и неуравновешенностью радиальных сил не высока и обычно соответствует 12–14-му квалитетам точности. Высота микронеровностей профиля обработанной поверхности отверстия превышает значения по параметру Ra 6,3 мкм.

Применяя сверла, можно увеличить диаметр уже имеющегося отверстия. Такой вид обработки называют рассверливанием (рис. 1.22, б).

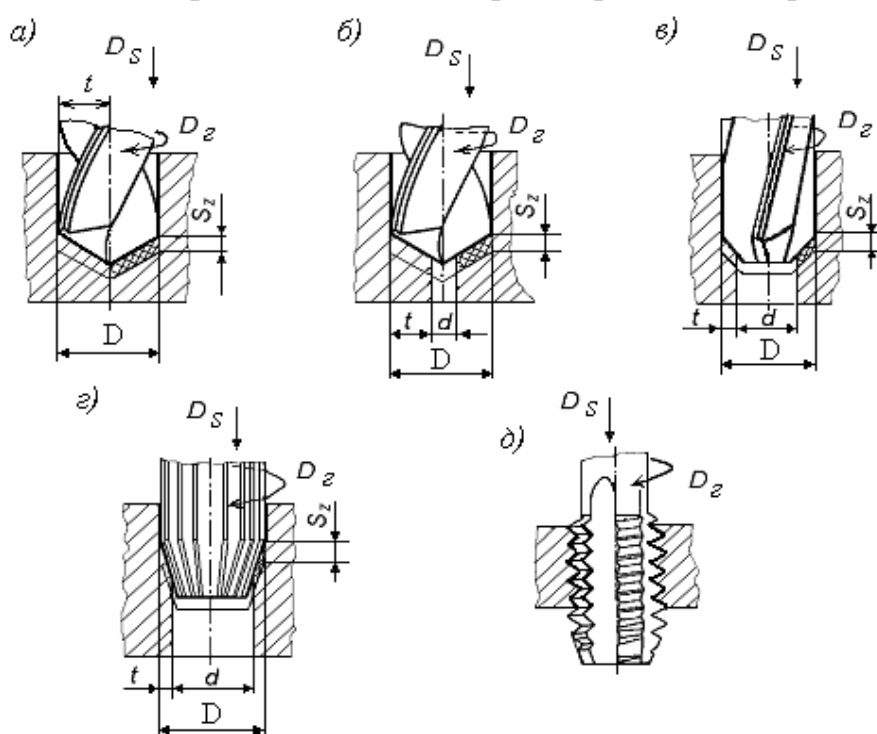


Рис. 1.22. Схемы сверления (а), рассверливания (б), зенкерования (в), развёртывания (г) и нарезания резьбы (д)

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. 1.22, в). Зенкерование обеспечивает 10–12-й 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 развёртыванием.

Развёртывание применяют для повышения точности и уменьшения шероховатости обработанных сверлением или зенкерованием отверстий (рис. 1.22, *з*). Этот метод относят к чистовым методам обработки. Развёртывание обеспечивает возможность получения 6–9-го квалитетов точности и высоты неровностей профиля обработанной поверхности по параметру Ra до 0,32 мкм.

Режущие инструменты для обработки отверстий

Спиральное сверло (рис. 1.23, *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 две главные 3, 4 и поперечную 9 режущие кромки инструмента, и на направляющую часть ℓ_6 .

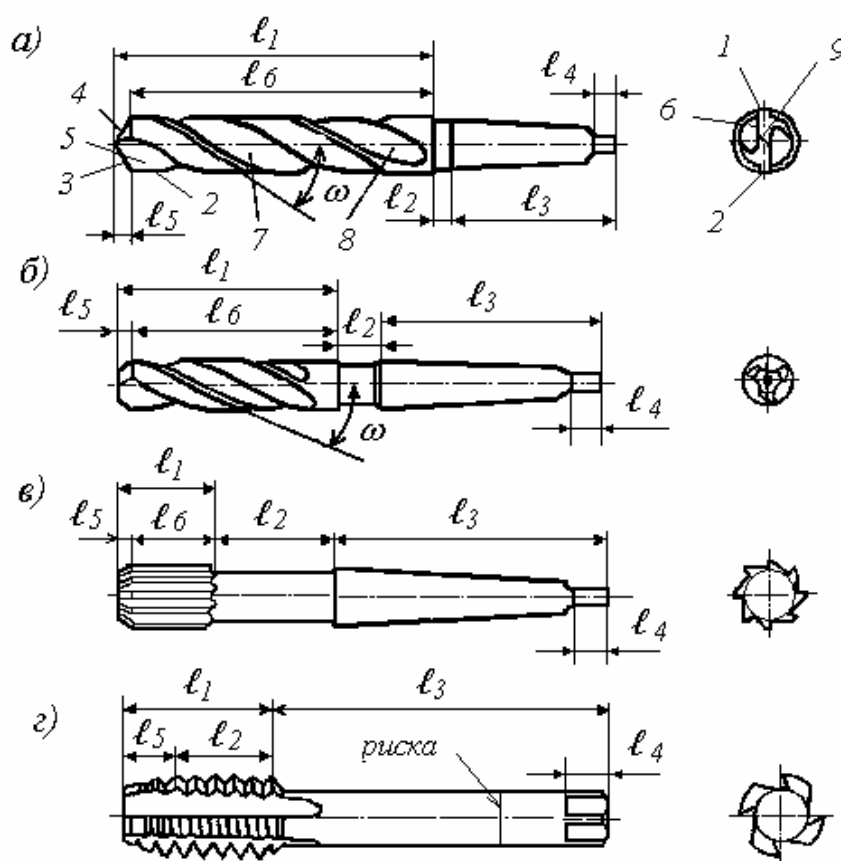


Рис. 1.23. Инструменты для обработки отверстий:

- а) — спиральное сверло с коническим хвостовиком; б) — хвостовой зенкер; в) — хвостовая машинная развёртка; г) — метчик

Сверло имеет два режущих лезвия (пера), поверхности которых 5 и 6 являются винтовыми поверхностями стружечных канавок 7 и 8, имеющих угол наклона по отношению к оси ω . По этим поверхностям, прилегающим на небольшой длине к главным режущим кромкам и называемыми передними поверхностями режущих лезвий, в процессе сверления движется стружка.

На направляющей части сверла вдоль винтовой канавки расположены две узкие ленточки 1 и 2, обеспечивающие заданное направление движению 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 рисунке 1.23, б изображен цельный хвостовой зенкер. Основными его элементами являются рабочая часть ℓ_1 , состоящая 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 лезвия (зуба) с режущими кромками, расположенными на режущей части, и не содержит поперечной кромки.

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

Развёртка — инструмент для чистовой обработки отверстий. Основное отличие развёртки (рис. 1.23, в) от зенкера заключается в том, что она имеет большее число режущих лезвий (зубьев), от 6 до 14, которые, срезая небольшие слои материала, обеспечивают повышенный по отношению к обработке зенкером качество точности диаметра отверстия.

Развёртки подразделяют на машинные и ручные. Ручные развёртки предназначены для обработки отверстий вручную. Машинные развёртки по способу установки на станке делят на хвостовые и насадные, по конструкции рабочей части — на цельные и сборные. Конструктивными элементами хвостовой развёртки, представленной на рисунке 1.23, в, являются рабочая часть ℓ_1 , шейка ℓ_2 , хвостовик ℓ_3 и лапка ℓ_4 . На рабочей части

развёртки, также как у сверла и зенкера, выделяют режущую ℓ_5 и калибрующую ℓ_6 части.

Метчик (рис. 1.23, *з*) — инструмент, используемый для нарезания внутренних резьб. Метчик представляет собой винт с прорезанными прямыми или винтовыми канавками, образующими режущие кромки. Метчики подразделяют на ручные и машинные. На рисунке 1.23, *з* изображён ручной метчик, предназначенный для ручного нарезания резьбы. Рабочая часть метчика ℓ_1 имеет режущую ℓ_5 и калибрующую ℓ_2 части. Вращение такого метчика осуществляют вручную с помощью приспособления — воротка, надеваемого на квадрат ℓ_4 хвостовика ℓ_3 . Ручные метчики изготавливаются в комплектах по 2-3 инструмента, работающих последовательно от предварительного резьбонарезания к достижению окончательных размеров резьбы. На хвостовике ручного метчика делаются риски. Число рисок указывает на номер метчика в комплекте.

Машинные метчики применяют для нарезания резьб на станках. Конструктивно они отличаются от ручных параметрами режущей части, формой хвостовика, а также повышенными требованиями к точности изготовления. На хвостовой части машинного метчика делается кольцевая канавка, являющаяся отличительным внешним признаком метчиков данного типа. Кольцевая канавка является одним из элементов конструкции устройства, предохраняющего машинный метчик от выпадения из патрона, в котором он крепится на станке.

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 на нём перемещением шпинделя станка с инструментом относительно неподвижно закреплённой заготовки. Для этого станок имеет подвижную шпиндельную бабку, в которой закрепляют инструмент, а также механизмы, обеспечивающие вращение и движение подачи шпинделя.

На рисунке 1.24 представлен общий вид радиально-сверлильного станка. Станок имеет фундаментную плиту 1 с закреплённой на ней

колонной 2. На колонну надета поворотная гильза 3, с которой соединена траверса 4. По горизонтальным направляющим траверсы перемещают шпиндельную головку 7, в которой расположены коробка скоростей и коробка подач.

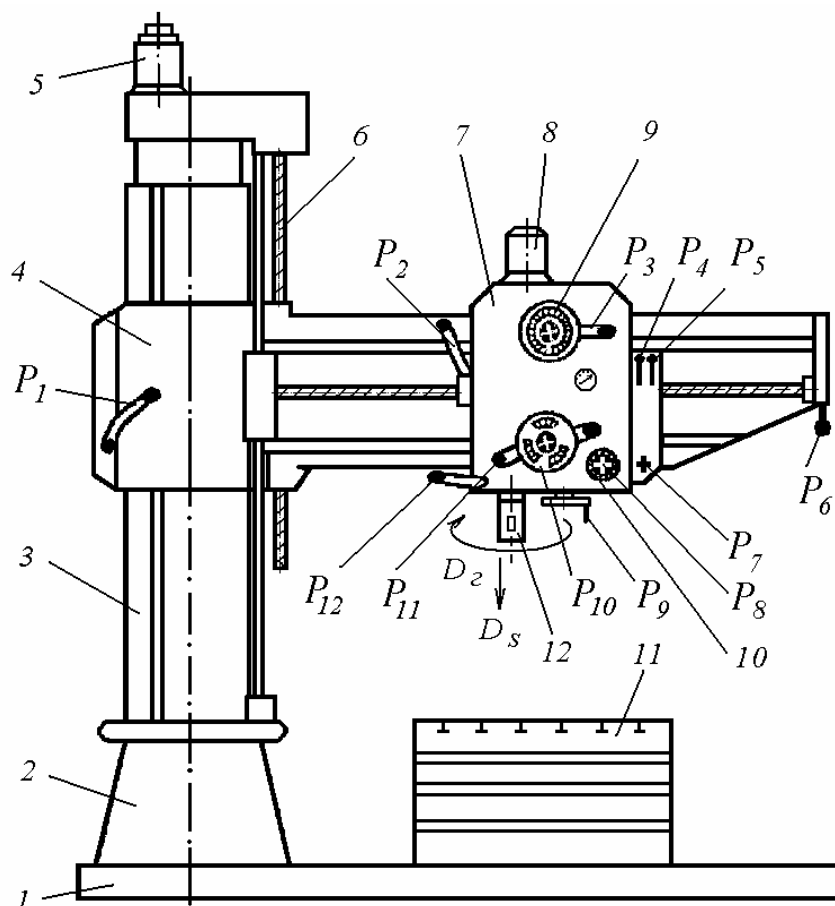


Рис. 1.24. Радиально-сверлильный станок

Главное движение резания D_2 и движение подачи D_s на станке реализуются соответственно вращением и осевым перемещением шпинделя 12. Источником этих движений служит электродвигатель 8. 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 вспомогательные (установочные) движения. К таким движениям относят: поворот траверсы 4 относительно оси колонны 3, подъем и опускание траверсы с помощью электродвигателя 5 и ходового винта 6, радиальные перемещения шпиндельной головки 7 вдоль траверсы.

Автоматическое выключение движения подачи при достижении инструментом заданной глубины обрабатываемого отверстия осуществляется

механизмом 10. До начала обработки этот механизм настраивают на заданную глубину отверстия рукояткой P_8 . Для этого нужно выполнить следующие действия:

- подвести рукояткой P_{11} 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 рисккой, нанесённой на корпусе шпиндельной бабки станка;
- закрепить лимб поворотом рукоятки P_8 по часовой стрелке.

Для установки и закрепления обрабатываемых заготовок станок имеет стол 11. При обработке особо громоздких и тяжёлых изделий последние устанавливают и закрепляют непосредственно на фундаментной плите, снабжённой для этой цели Т-образными пазами, в которые заводят головки крепёжных болтов.

Станок оснащён рукоятками, служащими для настройки, перемещения и закрепления отдельных его узлов, а также устройством 9 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_o , а рукоятки P_4 , P_5 и P_{12} служат для установки заданной частоты вращения шпинделя 12. Рукояткой P_7 осуществляют включение, реверсирование направлений вращения шпинделя и перемещение траверсы вдоль колонны 3. Рукоятка P_{11} выполняет функцию быстрого ручного перемещения шпинделя вверх – вниз. С её 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_2 (главное движение резания) и осевого перемещения инструмента D_5 (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, развёртки), мм; n — частота вращения шпинделя, об/мин;

— подача (величина перемещения инструмента) за один оборот S_o , мм/об.

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

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

— глубина резания t , мм; при сверлении глубина резания равна половине диаметра сверла $t = D/2$; при рассверливании, зенкеровании, развёртывании

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

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

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

На изучаемом радиально-сверлильном станке значения частоты вращения шпинделя и подачу при сверлении, зенкеровании, развёртывании и нарезании резьбы выбирают с помощью специального устройства (рис. 1.25) следующим образом.

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 для сверления.

На шкале «V» подвижной части диска 1 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} .

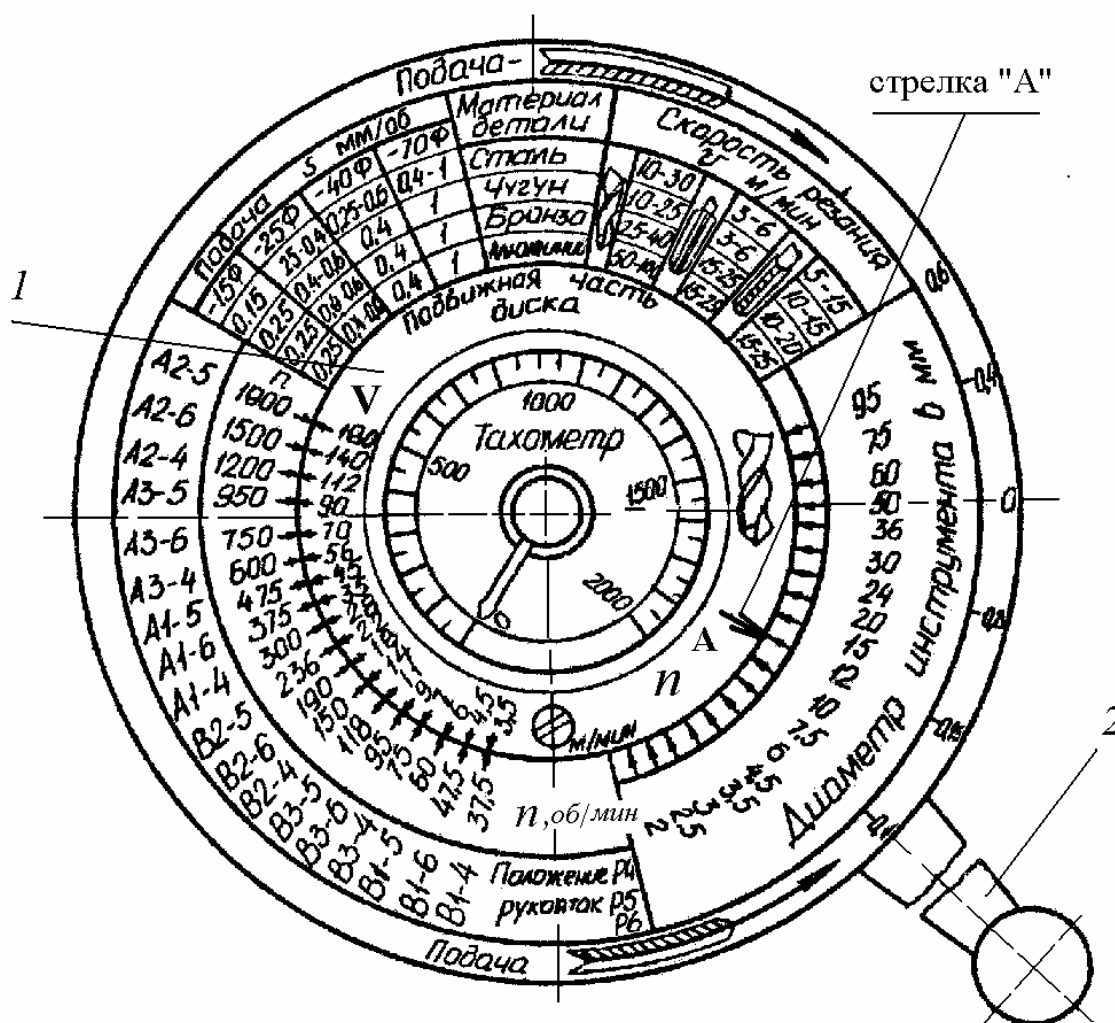


Рис. 1.25. Устройство для определения параметров режима резания

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

Значение глубины резания t при зенкеровании в зависимости от диаметра исходного отверстия и метода его получения принимают от 0,5 до 2 мм. Глубина резания при развёртывании имеет значительно меньшие значения и назначается в пределах 0,05–0,25 мм.

Методика проведения работы

В лабораторной работе предусмотрено изучение устройства станка и проведение эксперимента, по результатам которого оценивается точность

размеров диаметров и шероховатость поверхности отверстий в обработанной заготовке после сверления, зенкерования и развёртывания. Для обеспечения возможности визуального осмотра обработанных поверхностей и упрощения измерения параметров шероховатости заготовку изготавливают из двух образцов 1 и 2 (рис. 1.26).

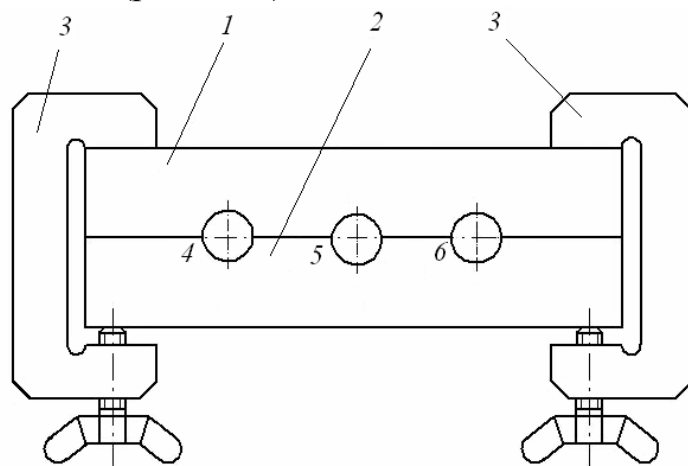


Рис. 1.26. Заготовка для проведения эксперимента

При установке на станок эти образцы жёстко скрепляют между собой с помощью двух струбцин 3. Удерживаемую струбцинами заготовку закрепляют в машинных тисках на столе станка.

Первое отверстие в заготовке-образце (поз. 4, рис. 1.26) получают сверлением, второе (поз. 5) — сверлением и зенкерованием. Третье отверстие (поз. 6) сверлят, а затем зенкеруют и развёртывают. 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 по ГОСТ 25346–89 «Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений». Фрагмент ГОСТ 25346–89 приведён в таблице 1.6.

Таблица 1.6

Допускаемые отклонения размеров отверстий диаметром 18–30 мм

Отклонения, мкм	Квалитет точности							
	<i>IT7</i>	<i>IT8</i>	<i>IT9</i>	<i>IT10</i>	<i>IT11</i>	<i>IT12</i>	<i>IT13</i>	<i>IT14</i>
	Расположение основного отклонения поля допуска – Н							
Верхнее	+ 21	+ 33	+ 52	+ 84	+ 130	+ 210	+ 330	+ 520
Нижнее	0	0	0	0	0	0	0	0

Диаметры инструментов D_u измеряют на специальном приспособлении. Оценку шероховатости поверхностей полученных отверстий осуществляют на профилометре MarSurf PS1 (приложение 2), определяя среднее значение трёх измерений высоты шероховатости поверхности по параметру Ra для каждого образца. Все результаты измерений заносят в таблицу 1.7.

Таблица 1.7

Результаты эксперимента

№ п/п	Метод обработки	D_u , мм	D_k , мм	Погреш- ность обработ- ки, Δ , мм	Квалитет точности диаметра отверстия	Ra , мкм
1	Сверление					
2	Зенкерование					
3	Развёртывание					

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.

2. По полученным от преподавателя данным о материале заготовки и по значениям диаметров применяемых в эксперименте сверла, зенкера и

развёртки определите необходимые режимы резания при обработке заготовки каждым инструментом.

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

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

5. Получите индивидуальное задание от преподавателя (таблица 1.8) по определению параметров режима резания и выполните наладку станка для обработки отверстия с выбранным режимом резания. Для этого нужно выполнить далее представленные пункты.

Таблица 1.8

Индивидуальные задания

№ п/п	$D_{отв}$, мм	Обрабатываемый материал	Ra , мкм	№ п/п	$D_{отв}$, мм	Обрабатываемый материал	Ra , мкм
1	$36^{+0,016}$	Бронза	0,63	11	$15^{+0,07}$	Сталь	2,5
2	$20^{+0,21}$	Чугун	12,5	12	$70^{+0,74}$	Чугун	6,3
3	$30^{+0,10}$	Сталь	6,3	13	$28^{+0,033}$	Бронза	0,63
4	$48^{+0,062}$	Алюминий	1,25	14	$50^{+0,062}$	Алюминий	1,25
5	$10^{+0,018}$	Сталь	0,32	15	$8^{+0,015}$	Сталь	0,32
6	$65^{+0,046}$	Чугун	0,63	16	$18^{+0,18}$	Чугун	6,3
7	$60^{+0,30}$	Бронза	6,3	17	$14^{+0,018}$	Бронза	0,32
8	$25^{+0,52}$	Алюминий	12,5	18	$40^{+0,10}$	Алюминий	2,5
9	$18^{+0,18}$	Сталь	6,3	19	$32^{+0,025}$	Сталь	0,63
10	$55^{+0,046}$	Чугун	0,63	20	$50^{+0,10}$	Чугун	6,3

5.1. Для указанных в таблице 1.8 отклонений на номинальные размеры диаметров изготавливаемых отверстий определите по ГОСТ 25346-89 квалитет точности диаметра (для диапазона отверстий диаметрами 18–30 мм можно использовать данные таблицы 1.6).

5.2. Установите виды обработки и типы инструментов, которые требуется применить для получения отверстия указанной точности и шероховатости.

5.3. При необходимости использования для получения отверстия методов зенкерования и развёртывания определите требуемые диаметры инструментов D_w , ориентируясь на указанные в разделе «Выбор режима резания при обработке отверстий» значения рекомендуемых глубин резания.

5.4. Определите для принятого метода обработки отверстия по устройству для определения режима резания значения подачи S_o , скорости резания v и расположения рукояток P_3, P_4, P_5, P_{12} , обеспечивающие установку назначенных параметров режима резания.

6. Составьте отчёт по работе.

Содержание отчёта

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 таблицы 1.7).
5. Диаграммы достигнутых квалитетов точности обработки диаметров отверстий и шероховатости их поверхностей при различных методах обработки (по форме рисунка 1.27).

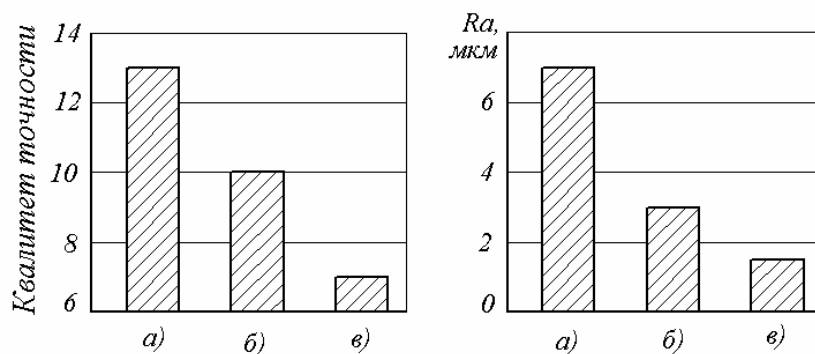


Рис. 1.27. Диаграммы достигнутых в эксперименте точности обработки и шероховатости поверхностей отверстий при сверлении а), зенкеровании б), развёртывании в)

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

Формулировка индивидуального задания выполняется по следующему образцу: «Определить параметры режима резания и установить по-

ложения рукояток станка, обеспечивающие выбранные скорости резания и подачи для инструментов, используемых при обработке отверстия».

8. Квалитет точности обрабатываемого отверстия, виды последовательно используемых для изготовления отверстия инструментов и их диаметры.

9. Режимы резания (t , v , S_o) и позиции расположения рукояток P_3 , P_4 , P_5 , P_{12} , обеспечивающие установку параметров режима резания по каждому выбранному инструменту.

1.4. ТОКАРНЫЙ РЕЗЕЦ, ЕГО ЧАСТИ И ЭЛЕМЕНТЫ

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

Общие сведения

Токарные резцы являются наиболее распространёнными режущими 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, векторами скоростей главного движения резания и движения подачи, режимами резания и расположением резца относительно заготовки и её поверхностей: обрабатываемой 1, обработанной 3 и поверхности резания 2 (рис. 1.28, а). Поверхность резания на заготовке располагается между обрабатываемой и обработанной поверхностями. Именно с этой поверхности при резании происходит отделение стружки от основного материала.

На лезвии резца (см. рис. 1.28, б) различают следующие конструктивные элементы:

— переднюю поверхность 8, по которой при резании движется стружка;

— главную заднюю поверхность 3, контактирующую с поверхностью резания на заготовке;

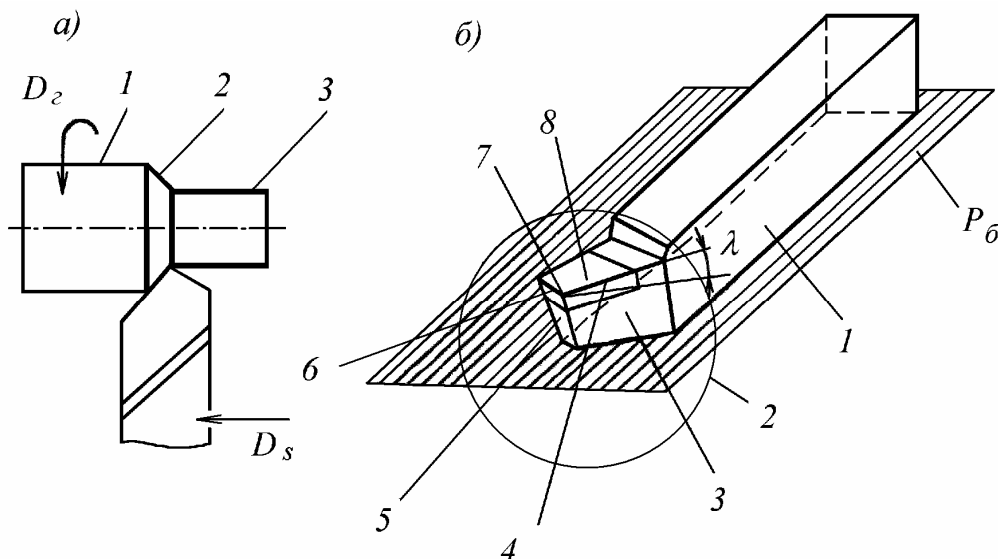


Рис. 1.28. Схема точения (а), токарный проходной резец (б)

— вспомогательную заднюю поверхность 5, обращённую 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 плоскостью, в резцедержателе станка и закрепляют двумя - тремя 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 наклона поверхностей и кромок резца в одной из трёх систем прямоугольных координат: инструментальной, статической и кинематической.

Инструментальную систему координат применяют 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 приближённых расчётов углов резца в процессе резания и для учёта изменения этих углов после установки инструмента на станок (рис. 1.29). Из всех видов движения резания в этой системе учитывается только главное движение резания D_z .

В состав системы входят три взаимно перпендикулярных координатных плоскости: основная P_{vc} , плоскость резания P_{nc} и главная секущая плоскость $P_{\tau c}$. Индекс «с» в обозначении плоскостей указывает на использование для определения углов резца статической системы координат.

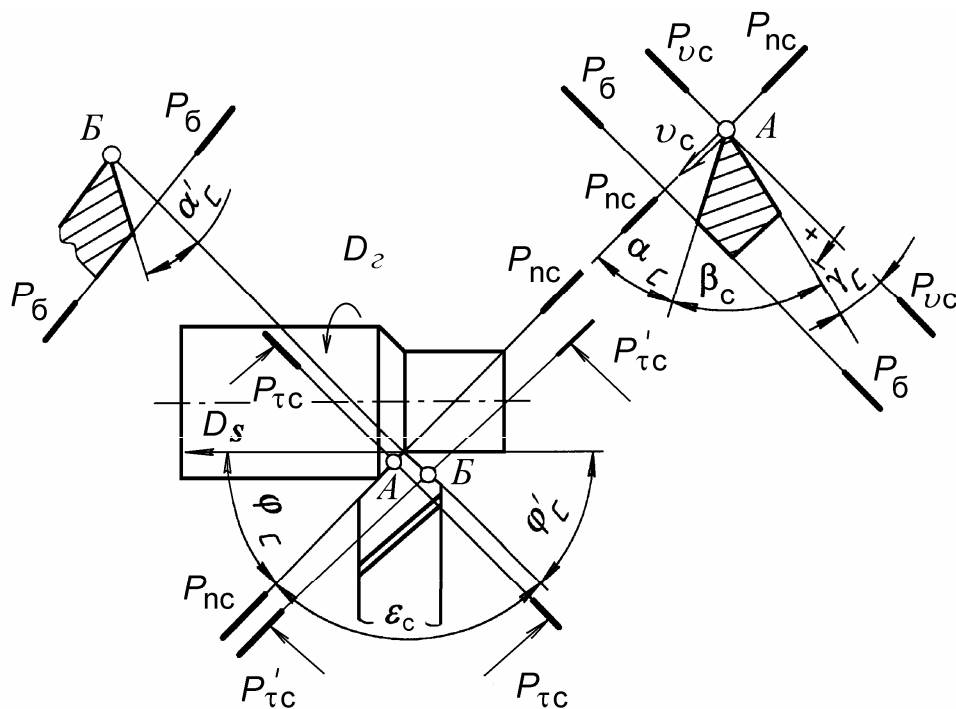


Рис. 1.29. Углы токарного проходного резца

Начало системы координат помещают в рассматриваемую точку A главной режущей кромки, для которой определяют углы резца, а координатные плоскости этой системы ориентируют в пространстве следующим образом. Основная плоскость P_{vc} проходит через точку A главной режущей кромки перпендикулярно вектору скорости v главного движения резания. Плоскость резания P_{nc} совмещена с вектором скорости v и касается в точке A поверхности резания на заготовке. Главная секущая плоскость

P_{τ_c} 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'_{τ_c} , проводимую через точку B вспомогательной режущей кромки перпендикулярно проекции этой кромки на основную плоскость P_{ν_c} .

Кинематическая система координат позволяет рассчитывать углы лезвия резца с учетом всех движений резания (D_z 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_{τ_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_{τ_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 твёрдых и хрупких материалов выбирают меньшие из ранее указанных значений главного заднего угла.

Передний угол γ_c — угол в главной секущей плоскости P_{τ_c} между передней поверхностью лезвия резца и основной плоскостью P_{ν_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 (металлокерамические твёрдые сплавы, минералокерамика, алмазы и др.) для повышения прочности и стойкости инструмента применяют нулевые и отрицательные передние углы, а при работе инструментом из быстрорежущих сталей, обладающих большей ударной вязкостью, — положительные передние углы (10–30 градусов).

Угол заострения β_c — угол в главной секущей плоскости P_{τ_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'_{τ_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_{ν_c} и направлением движения подачи D_s . С уменьшением угла ϕ_c увеличивается длина активной части режущей кромки, что улучшает отвод теплоты из зоны обработки и уменьшает износ инструмента. Однако при малых значениях угла ϕ_c возрастает отжим резца от

заготовки и возникают вибрации, ухудшающие качество обработанной поверхности. Поэтому в зависимости от вида обработки, типа резца и жёсткости технологической системы угол φ_c обычно выбирают в пределах $30\text{--}90^\circ$.

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

Угол при вершине ε_c — угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость P_{v_c} .

Углы φ_c , φ'_c , ε_c связаны между собой зависимостью

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

Углом наклона главной режущей кромки λ_c называют угол, расположенный в плоскости резания P_{n_c} , между главной режущей кромкой и основной плоскостью P_{v_c} . Этот угол считается положительным (см. рис. 1.28, б), когда вершина резца является нижней точкой режущей кромки относительно установочной плоскости P_0 ; 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 твёрдых материалов необходимо углу λ_c придавать положительные значения ($15\text{--}20^\circ$). При чистовой обработке для предотвращения царапания стружкой обработанной поверхности рекомендуют использовать резцы с отрицательными значениями угла наклона главной режущей кромки.

Методика измерения углов резца

Углы резца измеряют при помощи настольного угломера (рис. 1.30), базовыми частями которого являются основание 1 и стойка 2. По стойке

вверх и вниз можно вручную передвигать сектор 4 с градусной шкалой. На секторе укреплена поворотная пластина 6 с указателем 5. По расположению риски указателя на градусной шкале сектора 4 определяют значение измеряемого угла резца. Положение поворотной пластины на секторе 4 фиксируется винтом 7.

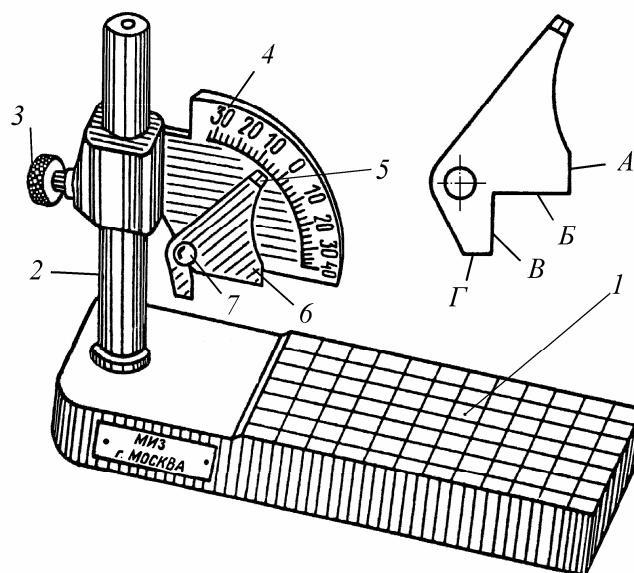


Рис. 1.30. Настольный угломер

При измерении углов γ_c , α_c и α'_c резец устанавливают базовой плоскостью P_b на основание 1 угломера. Поворотную пластину 6 прикладывают «без просвета» в главной секущей плоскости (при измерении угла α'_c — во вспомогательной секущей плоскости) измерительными кромками А, Б, В, Г к той поверхности лезвия, от которой отсчитывается измеряемый угол. Угол наклона главной режущей кромки λ_c определяют при этой же установке резца путём наложения поворотной пластины угломера 6 непосредственно на эту кромку. Модуль значения угла определяют по положению риски указателя пластины 5 на градусной шкале сектора 4. Знаки находят только для углов γ_c и λ_c , по указанной ранее методике. Углы α_c и α'_c могут быть только положительными.

Для измерения углов φ_c и φ'_c резец размещают на основании угломера боковой плоскостью стержня, а сектор 4 устанавливают в положение основной плоскости P_{vc} . 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 расчётом 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_b (см. рис. 1.29) станет не параллельной статической основной плоскости P_{v_c} . 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 своё расположение статическая плоскость резания P_{n_c} . 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 помощью углов конкретного резца, а также подготовку отчёта.

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 таблицу 1.9.

Таблица 1.9

Углы лезвия токарного проходного резца

Наименование угла	Обозначение угла	Значение угла, град.

Содержание отчёта

1. Название работы.
2. Задание: «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 рисунка 1.28, б).
5. Проекция и сечения измеренного резца с обозначением углов лезвия (по форме рисунка 1.29).
6. Результаты измерений и расчётов углов токарного проходного резца (по форме таблицы 1.9).

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

Цель работы: знания формулы зависимости составляющих сил резания от элементов режима резания, методики экспериментального определения сил резания; умения находить зависимости составляющих сил резания от элементов режима резания экспериментальным методом, обрабатывать экспериментальные данные 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 её 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 и геометрические параметры инструмента, смазочно-охлаждающая жидкость или другие факторы отличаются от указанных в справочнике, возникает необходимость экспериментального нахождения силы резания.

Для практических расчётов и измерений силу резания P разлагают на три составляющие: главную (окружную) составляющую силы резания P_z , осевую составляющую P_x и радиальную составляющую P_y (рис. 1.31).

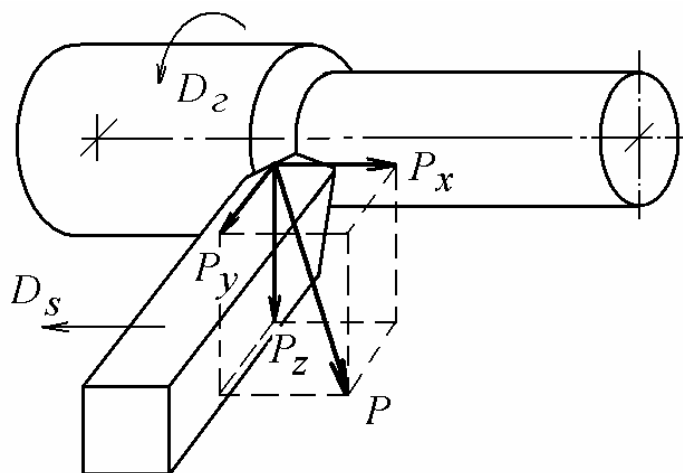


Рис. 1.31. Схема действия сил резания при точении

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

$$P_i = C_{p_i} t^{x_{p_i}} S_o^{y_{p_i}} v^{n_{p_i}}, \quad (1.18)$$

где C_{p_i} — коэффициент, учитывающий физико-механические свойства материала и значения геометрических параметров инструмента; t — глубина резания, мм; S_o — подача резца за один оборот заготовки, мм/об; v — скорость главного движения резания, м/мин.

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

Методику определения значений величин C_{p_i} , x_{p_i} , y_{p_i} , n_{p_i} 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, который закрепляют в резцедержателе токарного станка (рис. 1.32, а).

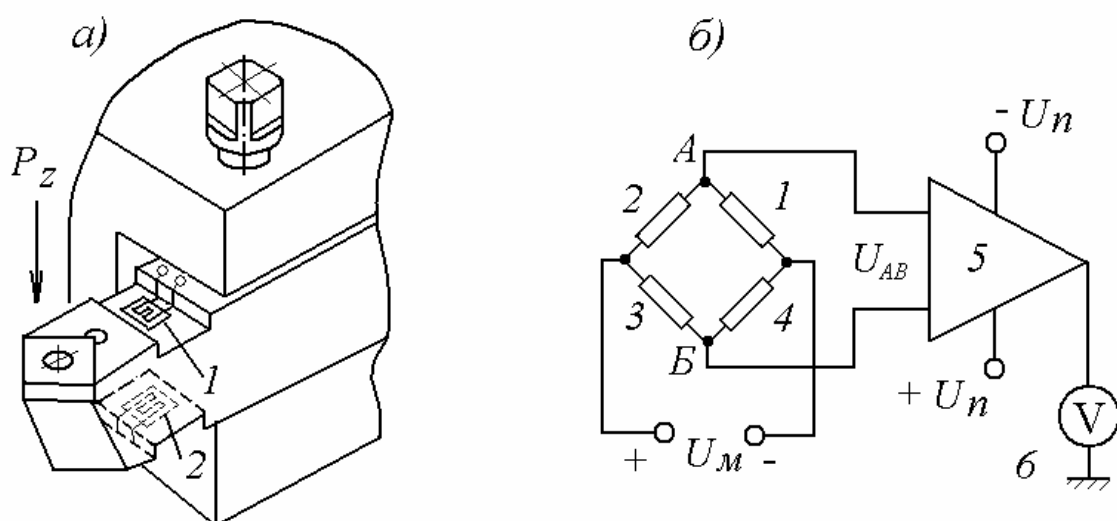


Рис. 1.32. Тензометрический резец (а), схема соединения датчиков резца (б)

Датчики 1 и 2 вместе с аналогичными резисторами 3 и 4, установленными на резце вне зоны деформации стержня, соединены в измерительный мост (рис. 1.32, 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 происходит изменение их сопротивления и возникает разность потенциалов U_{AB} в точках А и В моста, которая прямо пропорциональна деформации стержня резца и приложенной к нему силе P_z .

Возникший электрический сигнал подаётся на усилитель 5 и затем измеряется милливольтметром 6. Для перевода показаний прибора в единицы измерения силы, необходимо провести операцию его градуирования. Суть градуирования милливольтметра состоит в экспериментальном определении цены деления его шкалы в единицах измерения силы. При градуировании резец с наклеенными датчиками закрепляют в резцедержателе станка и нагружают известной силой P (P_z), постепенно увеличивая её значение и каждый раз фиксируя показания прибора 6.

Для нагружения резца в данной работе используется кольцевой динамометр, состоящий из стального закалённого кольца 2 с закреплённым в нём индикатором часового типа 3 (рис. 1.33, а).

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 117 Н.

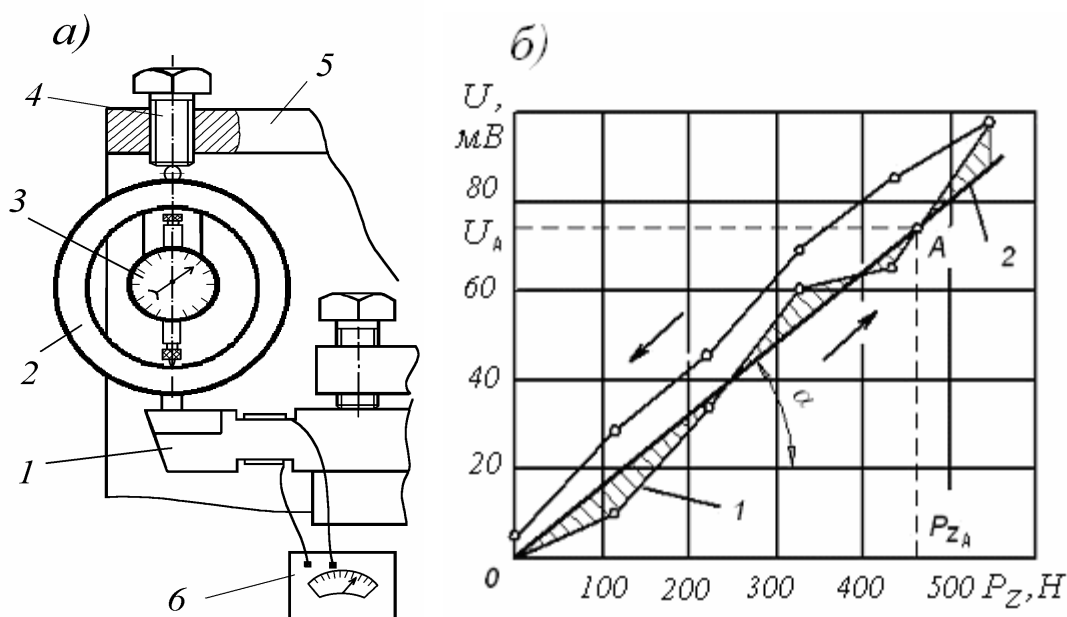


Рис. 1.33. Схема градуирования милливольтметра динамометра (а), градуировочный график (б)

При градуировании необходимо выполнить далее приведённые действия.

1. Произвести предварительную нагрузку резца от нулевой до максимальной, а затем снять нагрузку (действия повторить один — два раза).

2. Установить индикатор 3 динамометра на ноль.

3. Последовательно (через два деления индикатора динамометра) нагрузить систему путем вворачивания винта 4 с регистрацией нагрузки и показаний милливольтметра. Результаты градуирования записать в таблицу 1.10.

Таблица 1.10

Данные градуирования милливольтметра

Номер измерения	Показание индикатора кольцевого динамометра, деления	Значение силы P (P_Z), Н	Показание милливольтметра, U , мВ

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

5. Провести обработку полученных результатов с целью определения цены деления милливольтметра k , Н/мВ. Для определения цены деления милливольтметра следует:

5.1. Построить градуировочный график (см. рис. 1.33, б). На данном графике экспериментальные точки следует соединить тонкой ломаной линией 1, а нагрузочную ветвь этой линии аппроксимировать прямой 2. Аппроксимирующая прямая должна проводиться таким образом, чтобы:

— сумма положительных и отрицательных отклонений экспериментальных точек от линии была равна (зрительно) нулю;

— не было компенсации положительных отклонений, например, в начале прямой отрицательными в её конце.

Если некоторые экспериментальные точки лежат далеко от прямой, то это часто свидетельствует о грубых ошибках при проведении эксперимента и, в частности, соответствующих измерений. Поэтому, прежде чем проводить аппроксимацию, нужно из экспериментальных данных исключить грубые ошибки (промахи) или провести повторное нагружение резца и построение градуировочного графика.

5.2. Выбрать на аппроксимирующей прямой 2 нагрузочной ветви произвольно точку «А», определить для неё значения силы P_{zA} и показание милливольтметра U_A . По определённым значениям можно рассчитать новую цену деления k , Н/мВ, милливольтметра через отношение

$$k = P_{zA} / U_A. \quad (1.19)$$

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

Методика экспериментального нахождения зависимости

$$P_z = C_{p_z} t^{x_{p_z}} S^{y_{p_z}} v^{n_{p_z}} \quad (1.20)$$

Для нахождения численных значений C_{p_z} , x_{p_z} , y_{p_z} , n_{p_z} методом однофакторного эксперимента проводят три серии опытов, в каждой из которых изменяют один из элементов режима резания (v , S_o или t), а остальные два сохраняют постоянными. Например, в первой серии опытов принимают постоянными подачу S_o и скорость главного движения резания v , а варьируют глубину резания t . В этих условиях зависимость (1.20) может быть приведена к виду

$$P_z = C'_{p_z} t^{x_{p_z}}. \quad (1.21)$$

При логарифмировании зависимость (1.21) преобразуется в уравнение прямой линии

$$\lg P_z = \lg C'_{p_z} + x_{p_z} \lg t, \quad (1.22)$$

где степенной показатель x_{p_z} 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 рисунке 1.34.

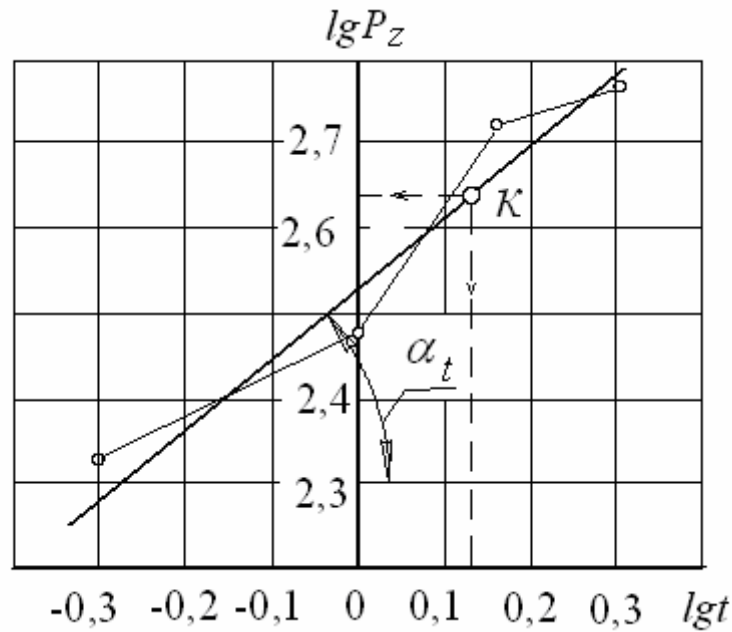


Рис. 1.34. График зависимости $\lg P_z - \lg t$

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

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

Коэффициент C_{p_z} этой зависимости (1.20) вычисляют следующим способом. На каждом из логарифмических графиков $\lg P_z - \lg t$, $\lg P_z - \lg v$, $\lg P_z - \lg S_o$ произвольно выбирают по одной точке K (см. рис. 1.32). Для каждой такой точки известны значения P_{z_k} , S_{o_k} , t_k , v_k . Подставив их, а также ранее найденные значения x_{p_z} , y_{p_z} , n_{p_z} в уравнение (1.20), вычислением для каждого графика находят значения

$C_{pz1}, C_{pz2}, C_{pz3}$. По ним определяют среднюю арифметическую величину 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 таблицы 1.11.

Таблица 1.11

Условия и результаты экспериментов по определению сил резания

Но- мер опыта	Режим резания							U , мВ	P_z , Н	lgP_z
	n_{cm} , об/мин	v , м/мин	lgv	S_o , мм/об	lgS_o	t , мм	lgt			

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 главной (окружной) составляющей силы резания P_z от скорости резания, подачи и глубины резания при точении; оформление результатов работы в виде отчёта.

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_o, t и определите необходимые значения частот вращения шпинделя станка n_{cm} 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 милливольтметра, занесите данные в таблицу 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 t , S_o , v ; данные эксперимента представьте в форме таблицы 1.11.

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

6. Рассчитайте коэффициент C_{P_z} .

7. Представьте преподавателю результаты экспериментов и расчётов в виде таблиц, графиков и итоговой формулы $P_z = C_{P_z} t^{x_{P_z}} S^{y_{P_z}} v^{n_{P_z}}$ с числовыми значениями найденных коэффициентов.

Содержание отчёта

1. Название работы.
2. Условия проведения эксперимента и схема градуирования милливольтметра (см. рисунок 1.31, а).
3. Таблица результатов градуирования милливольтметра (по форме таблицы 1.10).
4. Градуировочный график и определение цены деления милливольтметра k .
5. Логарифмические графики $\lg P_z — \lg t$, $\lg P_z — \lg S_o$, $\lg P_z — \lg v$ с необходимыми построениями.
6. Расчет значений степенных показателей x_{P_z} , y_{P_z} , n_{P_z} и коэффициента C_{P_z} .
7. Искомая формула (1.20) с численными значениями экспериментально определённых степенных показателей и коэффициента C_{P_z} .
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 её от элементов режима резания экспериментальным методом, обрабатывать экспериментальные данные 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 износ и стойкость инструмента, на качество обработанной поверхности, изменяет механические свойства материала заготовки и коэффициент трения на поверхностях инструмента, приводит к изменению сил резания. Нагрев инструмента и заготовки вызывает изменение их геометрических параметров, 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. Усреднённое значение этих температур на площадках контакта инструмента со стружкой и заготовкой получило название *температура*

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».

резания, θ . Зная усреднённую температуру, можно оценить интенсивность протекающих тепловых процессов, а также предсказать возможные энергетические затраты на резание и эксплуатационные характеристики обработанной поверхности заготовки.

Среди методов измерения температуры резания широкое распространение имеет метод естественной термопары. Схема его реализации при продольном точении заготовки изображена на рисунке 1.35.

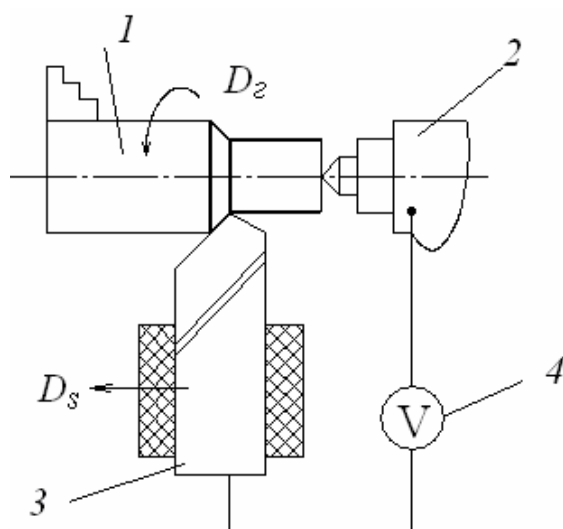


Рис. 1.35. Схема измерения температуры резания методом естественной термопары

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 электродвижущей силы осуществляется гальванометром 4.

Показание гальванометра даёт среднее значение электродвижущей силы в зоне обработки, возбуждённой во всех точках контакта поверхностей инструмента и заготовки, а, следовательно, характеризует некоторую усреднённую по всем этим поверхностям температуру резания.

Для получения точных результатов измерения температуры методом естественной термопары обрабатываемая заготовка 1 должна быть изолирована от кулачков токарного патрона и от центра, расположенного 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 рисунке 1.35 и использованная в дальнейших экспериментах, упрощена отказом от полной изоляции заготовки и сохранения только изоляции резца от резцедержателя.

Для реализации метода естественной термопары необходимо до проведения эксперимента произвести градуирование термопары «инструмент — заготовка» путем искусственного нагрева 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 определённых марках материала заготовки и инструментального материала. Изменение материала инструмента или заготовки требует проведения нового градуирования.

На рисунке 1.36 представлены два графика, полученные С. С. Можаяевым и Т. Г. Саромотиной, путем градуирования термопар «твердый сплав (T5K10, T15K6) — сталь 40». Эти графики в дальнейшей работе используются для оценки температуры резания.

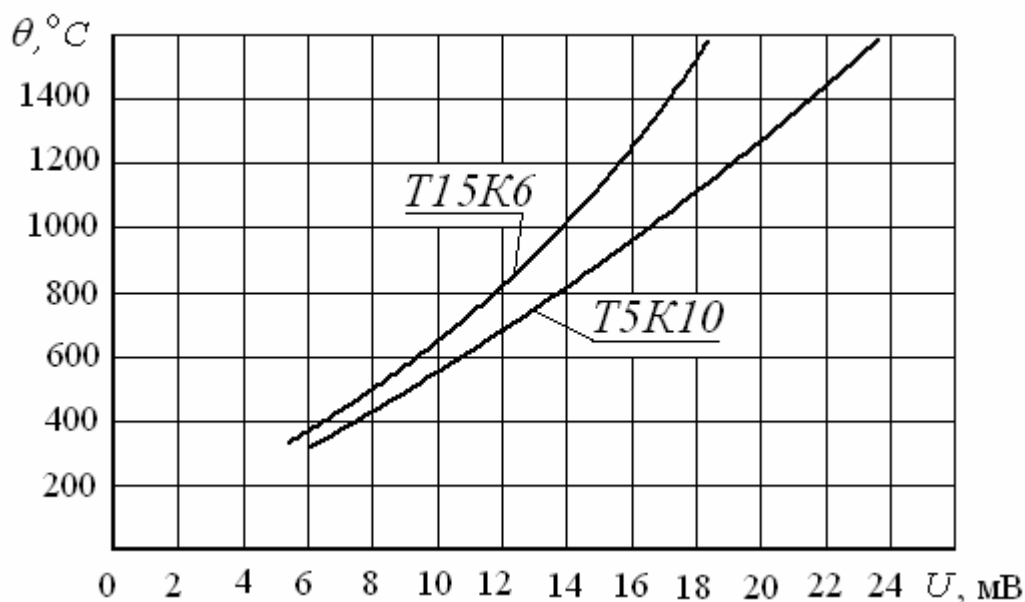


Рис. 1.36. Градуировочные графики термопар «твердый сплав (T5K10, T15K6) — сталь 40»

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 неё 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 счёт увеличения скорости резания v , величины подачи S_o и глубины резания t . Это определяет необходимость установления её зависимости от параметров режима резания. На температуру резания наибольшее влияние оказывает скорость резания v , в меньшей степени — подача S_o , наименьшее влияние оказывает 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 вида (1.23) на основе обработки графиков; оформление результатов работы в виде отчёта.

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 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 (таблица 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 частот вращения шпинделя станка $n_{см}$, и заданные для каждого уровня значения подачи и глубины резания.

Таблица 1.12

Результаты эксперимента

Но- мер этапа	Номер экспе- римен- та	Варьируемые факторы				Показания милливольтметра, U , мВ				θ , °C
		v , м/мин	n , об/мин	S_o , мм/об	t , мм					
						U_1	U_2	U_3	U_{cp}	
1	1.1									
	1.2									
	1.3									
2	2.1									
	...									

6. Проведите 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 снимите по три показания милливольтметра.

Заполните таблицу 1.12 и переведите показания милливольтметра U , мВ, в значения температуры резания θ с помощью градуировочного графика (рис. 1.36).

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 из формулы (1.23). Для определения показателей степени используйте методику обработки логарифмических графиков, приведённую в работе 1.5 (стр. 100–102) применительно к определению зависимости силы резания от параметров режима резания.

8. Рассчитайте коэффициент C_θ для формулы (1.23) как среднюю величину коэффициентов C_{θ_i} , определённых по результатам обработки для каждого из трёх этапов эксперимента. Используйте при расчётах методику определения коэффициента C_{p_z} , 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 опишите, 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, используя учебную литературу [1, 2].

Содержание отчёта

1. Наименование работы.
2. Условия проведения эксперимента, заданные уровни варьирования элементов режима резания.
3. Схема измерения температуры резания.
4. Расчёты частот вращения шпинделя станка n_{cm} и фактических скоростей 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. Расчёты 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 и сопоставление влияния элементов режима резания на температуру резания.

1.7. НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОГО СТАНКА

Цель работы: знания о назначении и устройстве токарно-револьверного станка модели 1341, действий рабочего при его наладке на изготовление партии деталей, методики расчёта трудоёмкости обработки заготовки; умения определять экспериментально составляющие штучно-калькуляционного времени, рассчитывать коэффициент непроизводительных затрат времени на обработку и использовать его при выборе типа металлорежущего станка для обработки заготовок определённой по числу деталей партии.

Общие сведения

Токарно-револьверные станки применяют в серийном производстве для изготовления деталей сложной конфигурации из прутков и (или) штучных заготовок. Отличительной особенностью станков этого типа от токарных и токарно-винторезных станков является наличие продольного суппорта, несущего многопозиционную поворотную револьверную головку с вертикальной или горизонтальной осью вращения.

В гнёздах револьверной головки закрепляют резцы различных видов, можно также устанавливать свёрла, зенкеры, метчики и другие инструменты. Револьверная головка позволяет разместить в ней большее число режущих инструментов, чем число инструментов, устанавливаемых в резцедержателе токарно-винторезного станка. Смена инструментов в процессе обработки осуществляется поворотом револьверной головки из одной позиции в другую.

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, зенкование и развёртывание отверстий, нарезание резьб и другие виды работ. При этом обеспечивается точность размеров не выше 8-го качества точности и шероховатость поверхностей с параметром Ra до 1,25 мкм.

Устройство и назначение основных узлов токарно-револьверного станка модели 1341

Внешний вид и основные узлы токарно-револьверного станка, представленного в лабораторной работе моделью 1341, показаны на рисунке 1.37.

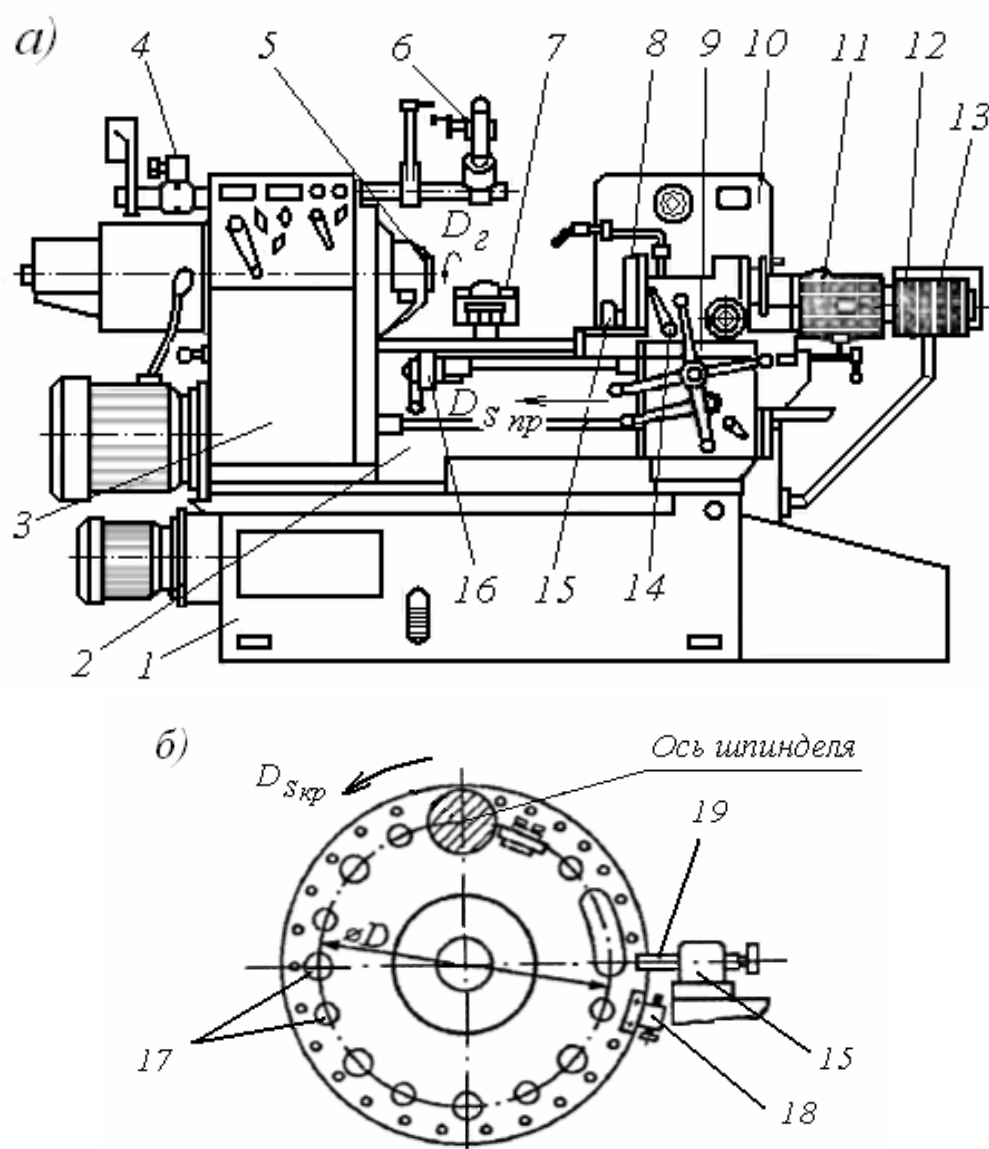


Рис. 1.37. Токарно-револьверный станок модели 1341 (а)
и его револьверная головка (б)

Станок имеет горизонтальную ось вращения револьверной головки. На нём можно обрабатывать как прутковые, так и штучные заготовки. Максимальный диаметр заготовки в форме 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 расположенными в ней коробкой скоростей и шпинделем 5, электрошкаф 10, кронштейн 7 с копирной линейкой для точения конусов, командоаппарат 12 для автоматического изменения частоты вращения шпинделя и величины подачи инструмента.

На продольных направляющих верхней части станины находится суппорт 9, несущий револьверную головку 8, имеющую горизонтальную ось вращения, задний барабан упоров 11 и барабан 13 с переставными кулачками. Кулачки путём их размещения при наладке станка в определённой позиции обеспечивают требуемые последовательности переключения и необходимые значения частоты вращения шпинделя 5 станка и подачи суппорта 9 для каждого из инструментов, расположенного в револьверной головке.

Здесь же, на станине, расположен ограничитель круговой подачи 15 (рис. 1.37, а, б), обеспечивающий выключение кругового движения револьверной головки. На левой части станины станка закреплён передний барабан упоров 16.

Рабочими движениями на станке являются: вращение шпинделя (главное движение резания D_z), движение продольной подачи суппорта D_{Snp} и круговое движение подачи револьверной головки D_{Skp} вокруг горизонтальной оси вращения (используется при необходимости создания поперечных движений подачи D_{Snon} режущего инструмента (рис. 1.37, б)).

Резьбонарезные работы на станке выполняют метчиками и плашками, устанавливаемыми в револьверной головке, а также резьбовой гребёнкой, закрепляемой на механизме приклоне 6. Этот механизм обеспечивает прижатие резьбовой гребёнки к заготовке и сообщает инструменту движение в продольном направлении с подачей, равной шагу нарезаемой резьбы.

В условиях серийного производства токарно-револьверный станок модели 1341 обладает более высокой производительностью, чем близкий по мощности и характеристикам обрабатываемых заготовок

токарно-винторезный станок. Достигается это следующими особенностями конструкции станка.

Револьверная головка 8 на своей торцовой поверхности имеет 16 отверстий (гнезд) 17 (рис. 1.37, б), оси которых лежат на окружности с диаметром D . Верхняя точка этой окружности находится на высоте оси шпинделя станка. В каждом гнезде револьверной головки с помощью вспомогательного инструмента (резцовых державок, переходных втулок, сверлильных патронов) можно закрепить один или несколько инструментов. Все инструменты устанавливаются в револьверной головке при наладке станка на обработку партии заготовок. Из-за большого числа инструментов наладка станка занимает довольно много времени. Однако это позволяет изготавливать сложные по форме детали без смены инструментов и сократить непроизводительные затраты времени. По этой же причине использование станка при обработке малых партий заготовок оказывается невыгодным.

На станке модели 1341 необходимость в затратах времени на подналадку и контроль получаемых размеров при переходе от обработки одной заготовки к другой отпадает. Это достигается наличием на станке устройств с упорами и установкой (наладкой) упоров в заданное положение при подготовке станка к работе. Упоры расположены на заднем барабане упоров 11, переднем барабане 16, на револьверной головке 18 (рис. 1.37, а, б). В систему упоров входит и ограничитель круговой подачи 15 с выдвижным пальцем 19. Каждому гнезду 17 револьверной головки с режущим инструментом соответствует в системе упоров один или два (при поперечном движении инструмента) упора, которые при наладке станка устанавливаются так, что обеспечивают повторение выполнения этим инструментом одного или нескольких размеров на каждой заготовке изготавливаемой партии.

Упоры заднего барабана упоров 11 служат для автоматического отключения движения продольной подачи револьверного суппорта. Это необходимо для обеспечения заданных продольных размеров на обрабатываемой заготовке при выполнении переходов по точению наружных или внутренних поверхностей и работе осевым инструментом. Диаметральные размеры, получаемые продольным точением, обеспечивают наладкой вылета резцов из резцовых державок.

Передний барабан упоров 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). 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 устанавливаются на револьверной головке (рис. 1.37, б).

Экономия затрат времени на токарно-револьверном станке по отношению к обработке заготовок на токарно-винторезном станке достигается и тем, что изменение частоты вращения шпинделя и скорости подачи для выполнения последующих переходов производится одновременно со сменой режущего инструмента за счёт совместного поворота револьверной головки и закреплённого на ней командоаппарата 12 с барабаном 13. На этом барабане при наладке станка путём определённой расстановки кулачков набирают программу переключения частот вращения шпинделя и величин подачи.

Частоты вращения шпинделя и скорости подач на станке 1341 разделены на два диапазона. На технологических переходах, где требуется перейти с одного диапазона на другой, затраты времени увеличиваются, поскольку такое переключение, выполняемое вручную переключателем на пульте управления передней бабки станка, требует по отношению к автоматическому переключению некоторого дополнительного времени.

Сокращение затрат времени непосредственно на снятие стружки при работе на токарно-револьверном станке достигается также применением многоинструментальных державок (рис. 1.38), обеспечивающих одновременную обработку нескольких поверхностей заготовки за один рабочий ход суппорта. Время обработки на переходе с одновременным использованием нескольких инструментов определяют по длительности обработки самой протяжённой 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 ограничению его технологических возможностей по отношению к аналогичным характеристикам токарно-винторезного станка. Так, из-за отсутствия задней бабки здесь невозможна обработка валов в центрах, ограничена длина обрабатываемых заготовок, нельзя изготавливать длинные конические поверхности. В связи с отсутствием ходового винта и кинематической цепи резьбовых подач исключена возможность нарезания на станке точных резьб и резьб с глубоким профилем.

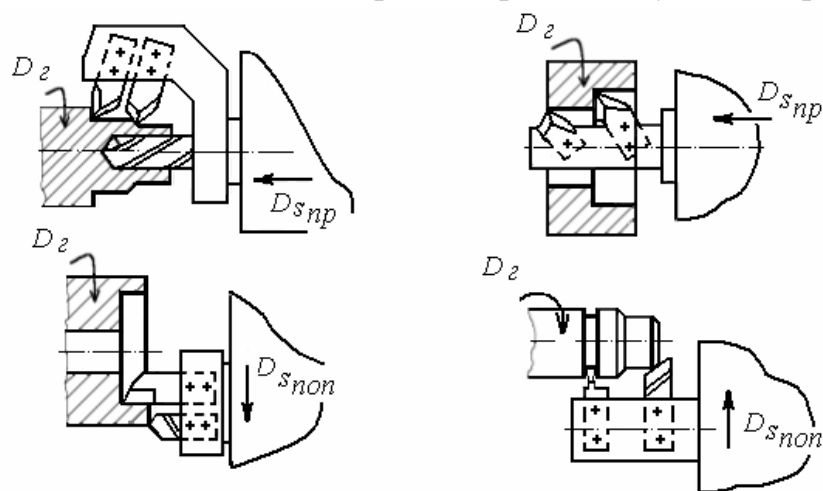


Рис. 1.38. Многоинструментальные наладки

Наладка токарно-револьверного станка

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

Наладка токарно-револьверного станка модели 1341 включает:

- установку на шпиндель станка 5 (см. рис. 1.37) приспособления для закрепления заготовки;
- расстановку, закрепление на револьверной головке 8 режущих и вспомогательных инструментов, в том числе и многоинструментальных наладок (см. рис. 1.38);
- наладку режима резания для каждого технологического перехода; эта процедура заключается в расстановке кулачков 13 на барабане командоаппарата 12, где каждому гнезду револьверной головки соответствует свой продольный паз с кулачками, в положения, обеспечивающие требуемые значения частот вращения шпинделя и продольных подач суппорта;

— размерную наладку инструментов на выполнение заданных диаметральных и линейных размеров путём регулирования положения резцов, расстановку и выверку упоров на барабанах 11, 16 и револьверной головке 18.

Затраты времени при работе на токарно-револьверном станке

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

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

где T_o — основное время, затрачиваемое непосредственно на резание; $T_{всп}$ — вспомогательное время, включающее время на установку и снятие заготовки (τ_1), подвод и отвод инструментов (τ_2), смену режущих инструментов (τ_3), изменение режима резания в процессе изготовления детали при переходе от одного технологического перехода к другому (τ_4), контроль выполняемых размеров (τ_5); $T_{обс}$ — время на обслуживание станка, связанное с заменой затупившегося инструмента, его подналадкой и уборкой станка от стружки; $T_{отд}$ — время отдыха рабочего; $T_{нз}$ — 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 τ_{oi} на всех k технологических переходах. Его определяют по формуле

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

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

$$\tau_{oi} = \frac{L_i}{S_{oi} n_{умi}}, \quad (1.26)$$

где L_i — длина пути инструмента на i -м переходе (для упрощения расчетов время врезания инструмента в заготовку и его перебега в данной работе не

учитывается); S_{oi} — подача инструмента на i -м переходе, мм/об; n_{uni} — частота вращения шпинделя на i -м переходе, об/мин.

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

Затраты времени на подвод инструмента к заготовке и отвод от неё (время τ_2) повторяются в каждом технологическом переходе. При расчётах суммарного времени на подвод и отвод инструментов следует учитывать, что 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_{uni});
- меняется тип режущего инструмента (изменяют n_{uni} 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 ($j = 1, 2, \dots, 5$); τ_j — вспомогательное время соответствующего технологического перехода, затрачиваемое на выполнение j -го элемента $T_{всп}$; 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_{nz} существенно различается для станков различной степени автоматизации. В условиях серийного, мелкосерийного производства и при применении специализированных станков подготовительно-заключительное время рассчитывают по формуле

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

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 числа используемых на операции инструментов и их типов. Эти затраты рассчитывают по следующей формуле:

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

где φ — номер типа режущего инструмента, устанавливаемого в револьверную головку (резец, сверло, метчик и т. д.) ($\varphi = 1, 2, \dots, n$); m_{φ} — число устанавливаемых инструментов φ -го типа; τ_{φ} — время на первоначальную установку и наладку одного инструмента φ -го типа.

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

Хронометрирование и расчёты элементов штучно-калькуляционного времени $T_{шк}$ позволяют вычислить его полное значение по формуле (1.24).

Выбор типа токарного станка для обработки заготовки на основе расчёта штучно-калькуляционного времени

Токарно-револьверные станки относят к группе токарных станков (см. приложение 1), которая включает одно- и многошпиндельные токарные автоматы и полуавтоматы, токарные, токарно-винторезные, токарно-револьверные, токарно-карусельные, сверлильно-отрезные, специальные и специализированные токарные станки. Общим признаком для всех станков токарной группы является единый тип главного движения резания — вращательное движение шпинделя станка с заготовкой.

При столь широком спектре станков токарной группы на большинстве из них выполняют аналогичные виды работ: точение цилиндрических, конических, фасонных поверхностей, подрезание торцов и уступов, разрезание, растачивание отверстий и др. (см. работу 1.1). Это обстоятельство определяет необходимость выбора технологом для изготовления конкретной детали того станка токарной группы, который позволил бы при равных параметрах мощности осуществить обработку партии заготовок с заданными конструктивными характеристиками и точностью в минимальное время и с оптимальными затратами машинного и ручного труда.

В решении этой задачи используют следующие общие правила выбора типа станка из группы токарных станков. В условиях единичного и мелкосерийного производств на рабочих местах используют универсальные станки, универсальную или унифицированную технологическую оснастку (приспособления, режущий инструмент, измерительные средства). В этих же условиях применяют и станки с числовым программным управлением (ЧПУ), которые обеспечивают возможность быстрой переналадки его рабочим - наладчиком с одного вида изготавливаемого изделия на другое или автоматическую переналадку по командам управляющей ЭВМ.

Среднесерийное и крупносерийное типы производств характеризуются значительным большим числом изготавливаемых в партии деталей, ограниченной их номенклатурой и соответственно большим временем загрузки конкретного типа оборудования изготовлением деталей всей партии. В данных условиях применяют специализированные и агрегатные металлорежущие станки, оснащённые как универсальными, так и переналаживаемыми приспособлениями. Производства этих типов требуют при переходе на изготовление других по конструкции деталей наладки технологического оборудования и значительных затрат подготовительно-заключительного времени $T_{из}$. При этом за счёт «передачи» станку выполнения ряда вспомогательных действий рабочего, обязательных при работе на универсальном оборудовании, сокращается вспомогательная составляющая $T_{всп}$ штучно-калькуляционного времени $T_{шк}$.

Для массового производства характерно выполнение одной и той же операции (изготовление детали) на одном рабочем месте непрерывно в течение длительного времени. В этих условиях целесообразно использовать высокопроизводительные агрегатные станки, многошпиндельные автоматы и полуавтоматы, автоматические линии и специальные станки.

Более точно выбор станка осуществляют на основе определения соотношения производительных и непроизводительных затрат времени при эксплуатации сравниваемых станков. Долю непроизводительных затрат времени $k_{нз}$, %, вычисляют по формуле

$$k_{нз} = \frac{T_{шк} - T_o}{T_{шк}} \cdot 100. \quad (1.32)$$

Средние значения составляющих непроизводительных затрат времени $T_{всп}$ и $T_{нз}$ для отдельных видов работ и типов станков имеются в справочной литературе по нормированию операций обработки резанием. Для использования формулы (1.32) при выполнении индивидуальных заданий по лабораторной работе далее приводятся установленные на основе таких справочников усреднённые сведения по составу и методике определения видов затрат для токарно-винторезных станков и станков-автоматов.

Составляющие полной трудоёмкости при обработке заготовок на токарно-винторезных станках в мелкосерийном производстве имеют в среднем следующие значения: T_o — 26 %, $T_{всп}$ — 24 %, $T_{обс}$ — 5 %, $T_{нз}$ — 16 %, $T_{орг}$ — 29 % (включает и $T_{отд}$). По статистическим данным непроизводительные затраты времени на токарно-револьверных станках ($T_{всп}$, $T_{нз}$) имеют меньшую долю по сравнению с токарно-винторезными станками.

Долевое участие затрат времени в штучно-калькуляционном времени для крупносерийного и массового типов производства для станков автоматов и полуавтоматов имеет ещё более значимые отличия. Для станков разной степени автоматизации соотношения элементов производительных и непроизводительных затрат разные. Для токарно-револьверного автомата модели 1А118, используемого в лабораторных работах, эти значения можно принять следующими: $T_{всп} = 0,3T_o$, $T_{обс} = 0,05T_o$, $T_{нз} = 180$ минут.

Приведённые ранее формулы и дополнительные справочные данные позволяют на основе расчёта значения коэффициента непроизводительных затрат определить для заданной партии заготовок тот тип токарного станка, который обеспечивает минимальное значение коэффициента $k_{нз}$.

Содержание работы

Работа включает: изучение токарно-револьверного станка модели 1341, его назначения, устройства и основ наладки, методики расчёта трудоёмкости обработки заготовки на станке; хронометрирование работ по наладке станка; расчёт $T_{шк}$ по индивидуальному заданию, определение

коэффициента непроизводительных затрат времени на различных станках токарной группы при изготовлении партии деталей и подготовку отчёта.

Последовательность выполнения работы

1. Изучите устройство и назначение токарно-револьверного станка модели 1341.

2. Проследите за изготовлением учебным мастером детали на данном станке, рассмотрите последовательность работы основных узлов и механизмов станка. Разберите под руководством преподавателя действия рабочего по наладке станка на изготовление партии деталей.

3. Проведите с помощью учебного мастера хронометрирование работ по наладке токарно-револьверного станка и заполните соответствующими данными таблицу 1.13.

Таблица 1.13

Результаты хронометрирования элементов

штучно-калькуляционного времени

Режущий инструмент	Элементы затраты времени на обработку, мин						
	τ_1	τ_2	τ_3	τ_4	τ_5	τ_6^*	τ_φ
Резец							
Сверло, зенкер							

Примечание. *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 $\tau_6 = 0,3 \tau_7$.

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 расчёта штучно-калькуляционного времени и коэффициента непроизводительных затрат k_{nz} при изготовлении заданной чертежом детали (таблица 1.14).

5. По данным индивидуального задания и результатам хронометрирования произведите расчёты всех составляющих штучно-калькуляционного времени на обработку заготовок на токарно-револьверном станке модели 1341 при размерах партии заготовок $N = 5, 20, 50, 100, 200, 2000$ штук по формулам (1.25) – (1.31). Заполните таблицу 1.15.

Таблица 1.14

Индивидуальные задания

Но- мер зада- ния	Партия, шт/год	Технологический эскиз	Номера техноло- гических перехо- дов, i	Содержание переходов, режущий инструмент	Режим обработки	
					v , м/мин	S_o , мм/об
1	1000		1	Подрезать торец 1; проходной отогнутый резец.	60	0,20
2	150		2	Точить поверхность 4; проходной отогнутый резец.	60	0,12
3	1800		3	Точить поверхность 2; проходной упорный резец.	60	0,12
4	25		4	Точить канавку 3; канавочный (отрезной) резец.	40	0,06
			5	Отрезать деталь; отрезной резец.	25	0,06

Продолжение табл. 1.14

Но- мер зада- ния	Партия, шт/год	Технологический эскиз	Номера техноло- гических перехо- дов, i	Содержание переходов, режущий инструмент	Режим обработки	
					v , м/мин	S_o , мм/об
5	10		1	Подрезать торец 1; подрезной резец.	45	0,15
6	50		2	Точить поверхность 4; про- ходной отогнутый резец.	60	0,2
7	1500		3	Сверлить отверстие 3, спиральное сверло $\phi 18$.	20	0,2
8	200		4	Точить поверхность 2; проходной упорный резец.	60	0,1
			5	Отрезать деталь; отрезной резец.	15	0,06

Продолжение табл. 1.14

Номер задания	Партия, шт/год	Технологический эскиз	Номера технологических переходов, i	Содержание переходов, режущий инструмент	Режим обработки	
					v , м/мин	S_o , мм/об
9	300		1	Подрезать торец 1; подрезной резец.	30	0,15
			2	Точить поверхность 5; проходной отогнутый резец.	50	0,12
10	1500		3	Точить поверхность 2; проходной упорный резец.	50	0,12
			4	Сверлить отверстие 4; спиральное сверло $\phi 15$.	15	0,12
11	6		5	Зенковать отверстие 3; зенковка $\phi 20$.	20	0,2
			6	Точить фаску $1 \times 45^\circ$; проходной резец.	60	0,2
12	50		7	Точить канавку шириной 3 мм; канавочный резец.	30	0,06
			8	Отрезать деталь; отрезной резец.	20	0,06

Но- мер зада- ния	Пар- тия, шт/год	Технологический эскиз	Номера техноло- гических перехо- дов, i	Содержание переходов, режущий инструмент	Режим обработки	
					v , м/мин	S_o , мм/об
13	1300	Technical drawing of a mechanical part (shaft) with dimensions and surface finish requirements. The part is shown in cross-section. Key dimensions include: outer diameter $\phi 36$, inner diameter $\phi 28$, hole diameter $\phi 15$, and total length 70. Surface finish requirements are $Ra 12,5$ (top surface) and $Ra 3,2$ (inner hole). Numbered points 1 through 7 indicate specific features for processing: 1 (end face), 2 (outer diameter $\phi 32$), 3 (taper), 4 (hole), 5 (groove), 6 (outer diameter $\phi 28$), and 7 (other end face). A lead-in chamfer is shown with a 15° angle.	1	Подрезать торец 1; проходной отогнутый резец.	40	0,12
14	10		2	Точить поверхность 6, проходной отогнутый резец.	40	0,2
			3	Сверлить отверстие 4; сверло $\phi 14,7$.	15	0,2
			4	Зенкеровать поверхность 4; зенкер.	20	0,12
			5	Точить поверхность 2; проходной упорный резец.	60	0,12
15	100		6	Точить канавку 5; канавочный (отрезной) резец.	40	0,06
16	250		7	Точить конус 3; фасонный (широкий) резец.	40	0,06
			8	Отрезать деталь; отрезной резец.	25	0,06

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

2. Для операции, выполняемой на токарно-револьверном станке, ряд указанных в заданиях переходов по решению преподавателя могут быть объединены в сложные многоинструментальные переходы.

Таблица 1.15

Сводные данные для расчета трудоёмкости изготовления детали

Партия, N , штуки	Составляющие штучно-калькуляционного времени, мин						$T_{шк}$, мин	$k_{нз}$, %
	T_o	$T_{всп}$	$T_{отд}$	$T_{обс}$	$T_{шт}$	$T_{нз}/N$		
5								
20								
50								
100								
200								
2000								

6. Произведите расчёты штучно-калькуляционного времени $T_{шк}$ по формуле (1.24) и определите долю непроизводительных затрат времени $k_{нз}$ для представленной в таблице 1.14 технологической операции при разных партиях изготавливаемых деталей по формуле (1.32). Данные занесите в таблицу 1.15.

7. Постройте график зависимости $k_{нз} = f(N)$ и опишите характер полученной закономерности.

8. Рассчитайте для указанной в индивидуальном задании партии заготовок значения составляющих штучно-калькуляционного времени при обработке заготовок на токарно-винторезном, токарно-револьверном станках и токарно-револьверном автомате по данным, приведённым в разделе «Выбор типа токарного станка для обработки заготовки на основе расчёта штучно-калькуляционного времени», определите $T_{шк}$ и заполните таблицу 1.16.

Таблица 1.16

Сводные данные по значениям элементов штучно-калькуляционного времени для выбора типа станка ($N = \underline{\hspace{2cm}}$ шт)

Модель станка	Составляющие штучно-калькуляционного времени, мин						$T_{шк}$, мин
	T_o	$T_{всп}$	$T_{отд}$	$T_{обс}$	$T_{нз}$	$T_{шт}$	
16K20							
1341							
Токарно-револьверный автомат							

Для некоторого упрощения расчётов примите единую для всех рассматриваемых типов станков структуру технологической операции, представленную в таблице 1.14 в виде технологических переходов.

9. Определите долю непроизводительных затрат времени $k_{нз}$ для данной технологической операции, выполненной на станках различных типов, заполните таблицу 1.17.

Таблица 1.17

Значения коэффициента непроизводительных затрат

Модель станка	16K20	1341	Токарно-револьверный автомат
$k_{нз}, \%$			

10. Выберите для индивидуального задания в качестве рекомендуемого тот тип станка токарной группы, который обеспечивает минимум непроизводительных затрат при изготовлении детали заданной партии.

Содержание отчёта

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 «_____», определить коэффициенты непроизводительных затрат для изготовления партии заготовок на станках токарной группы и выбрать тип станка, обеспечивающий минимум значения коэффициента непроизводительных затрат».

3. Технологический эскиз операции (по форме эскиза таблицы 1.14).
4. Данные хронометрирования работ при наладке станка модели 1341 (по форме таблицы 1.13).
5. Последовательность переходов технологической операции (по данным таблицы 1.14).
6. Расчёты штучно-калькуляционного времени и коэффициента непроизводительных затрат для указанных партий заготовок на токарно-револьверном станке (по формулам (1.24) – (1.32)).

6.1. Сводная таблица затрат времени на обработку партий заготовок (по форме таблицы 1.15).

6.2. Расчёт штучно-калькуляционного времени при обработке для каждой из партий заготовок и доли непроизводительных затрат $k_{нз}$ (по форме таблицы 1.15).

6.3. График зависимости $k_{нз} = f(N)$.

7. Расчёт штучно-калькуляционного времени и коэффициента непроизводительных затрат при изготовлении партии деталей по индивидуальному заданию на станках токарной группы (таблица 1.16).

8. Выбор станка токарной группы для изготовления заданной партии деталей.

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 его механизмов; умения описать устройство станка и кулачковую систему управления его работой, читать кинематическую схему и разрабатывать последовательность работы узлов автомата 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.

На токарно-револьверном автомате можно изготавливать детали диаметром до 18 мм и длиной до 50 мм из стали, бронзы, латуни и других материалов. Станок позволяет выполнять все виды обработки на поверхностях вращения. При этом нарезание наружных и внутренних резьб может осуществляться только плашками и метчиками.

Применяют токарно-револьверный автомат в условиях крупносерийного и массового типов 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 кулачков, расположенных на управляющих валах станка.

Устройство токарно-револьверного автомата модели 1А118

Основными узлами и частями станка являются (рис. 1.39) 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.

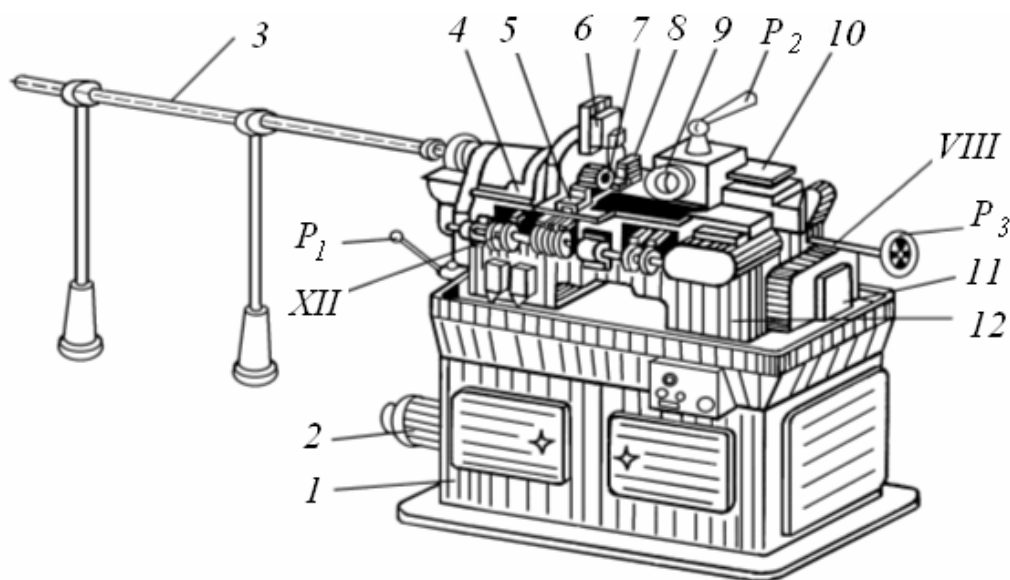


Рис. 1.39. Токарно-револьверный автомат модели 1А118

На шпиндельной бабке 4 справа закреплён кронштейн с направляющими для вертикально перемещающегося суппорта 6. На суппорте устанавливают, как правило, отрезной резец, работающий с движением вертикальной подачи. Слева от шпиндельной бабки размещён кронштейн с механизмом перемещения прутка 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 гнёзда шестипозиционной револьверной головки 9. Головка снабжена приводом автоматического поворота, обеспечивающим смену режущего инструмента, и механизмом её фиксации в положениях, обеспечивающих рабочие позиции для каждого закрепляемого в головке инструмента. Для вывода фиксатора из револьверной головки при наладке автомата с целью ручного её поворота используют рукоятку P_2 .

В одном из гнезд револьверной головки размещён механизм обгона и быстрого сверления. Его шпиндель, в котором крепят метчики, плашки и свёрла, 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) придаётся 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 (рис. 1.39 и 1.40) кулачков K_5 , K_6 и K_7 и перенастраиваемых упоров на дисках K_4 , K_8 и K_9 . 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. 1.40) управляет перемещениями револьверного суппорта.

Работа механизмов перемещения и закрепления прутка, поворота револьверной головки, включения вращения шпинделя механизма обгона и быстрого сверления осуществляется от быстроходного вспомогательного управляющего вала VIII (см. рис. 1.39 и 1.40) путем включения или выключения расположенных на нём муфт сцепления M_2 , M_3 и M_4 . Управление

включением муфт производится через систему рычагов от переналаживаемых упоров на дисках K_4 , K_8 и K_9 главного распределительного вала XII .

Производительность автомата определяется частотой вращения главного распределительного вала XII . За один его оборот изготавливается одна деталь. Частоту вращения этого вала регулируют с помощью подбора зубчатых колёс гитары сменных зубчатых колёс 11 (см. рис. 1.39). Гитара располагается с правой стороны станины станка. Она связывает главный распределительный вал XII со вспомогательным управляющим валом $VIII$, размещённым сзади станины. Включение и выключение вспомогательного управляющего вала $VIII$, а вместе с ним и системы автоматического управления станком производят с помощью рукоятки P_1 . При наладке станка вспомогательный управляющий вал $VIII$ поворачивают вручную с помощью закреплённого на нём маховичка P_3 .

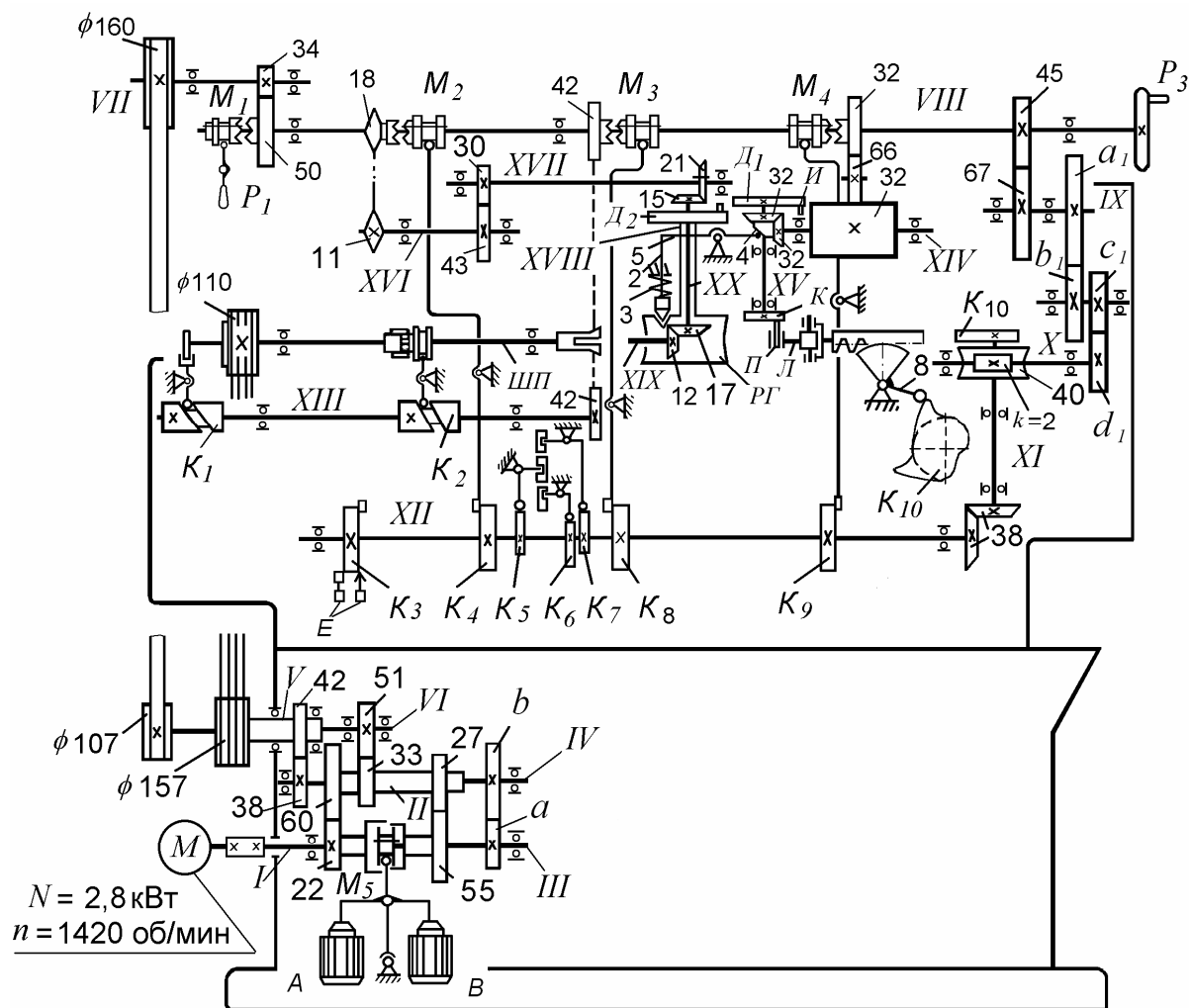


Рис. 1.40. Кинематическая схема токарно-револьверного автомата модели 1A118

Кинематическая схема станка и устройство основных его механизмов²

Токарно-револьверный автомат 1А118 имеет электромеханический привод, состоящий из источника движения — электродвигателя M (см. рис. 1.40) и совокупности механизмов, передающих движения исполнительным узлам станка. Привод станка обеспечивает вращение шпинделя с заготовкой (главное движение резания), движения подачи и вспомогательные перемещения поперечных (переднего и заднего), вертикального и револьверного суппортов; вращение шпинделя механизма обгона и быстрого сверления револьверной головки, периодические делительные повороты револьверной головки, перемещения зажимной и подающей цанг, используемых для выдвижения прутковой заготовки из шпинделя и закрепления её в исходном для начала обработки положении.

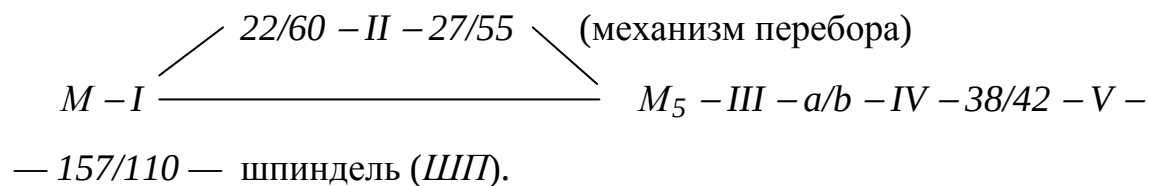
Кроме того, для осуществления автоматического цикла работы станка вращение от электродвигателя M сообщается трём управляющим валам: главному распределительному XII (рис. 1.40), вспомогательному управляющему $VIII$ и валу XI .

Для передачи исполнительным механизмам движений и согласования параметров этих движений в станке-автомате предусмотрены соответствующие кинематические цепи, состоящие из последовательно соединённых механизмов, в том числе различных типов передач. Проставленные у элементов передач цифры, обозначают: для зубчатой передачи — числа зубьев колёс, для червячной передачи — число заходов червяка (k) и число зубьев червячного колеса, для ременной передачи — диаметры шкивов, для цепной передачи — числа зубьев звёздочек. Числа зубьев сменных зубчатых колёс обозначены на схеме строчными буквами (без индексов и с индексами) a, b, a_1, b_1, c_1, d_1 и др.

Кинематическая цепь вращения шпинделя включает электродвигатель M и механизмы передачи движения от электродвигателя к шпинделю станка ($ШП$). Она предназначена для сообщения заготовке вращения, являющегося при обработке главным движением резания. Формула

² Условные обозначения на кинематической схеме соответствуют ГОСТ 2770–68 «Обозначения условные графические в кинематических схемах. Элементы кинематики» (приложение 3).

кинематической связи механизмов этой цепи может быть представлена в следующем виде:



В автоматическом режиме работы при установленных на станке сменных зубчатых колёсах a и b с конкретными числами зубьев шпиндель станка может иметь одну из двух частот вращения. Переключение вращения шпинделя с одной частоты на другую происходит от упоров диска K_3 , расположенного на валу XII . Упоры в заданный технологическим процессом момент времени воздействуют на конечные выключатели «Е» и включают один из электромагнитов «А» или «В», управляющих работой фрикционной муфты M_5 . При включении муфты M_5 влево вращение от электродвигателя поступает на вал I и через муфту M_5 на вал III с неподвижно закреплённым на нём сменным зубчатым колесом a .

При включении муфты M_5 вправо в кинематическую цепь вводится механизм перебора, состоящий из двух пар зубчатых колёс 22/60 и 27/55. Вращение на вал III и зубчатую передачу a/b поступает от вала I через эти зубчатые передачи. Частота вращения шпинделя в случае включения механизма перебора уменьшается в 5,55 раза. Сменные зубчатые колёса a и b гитары скоростей, прилагаемые к станку, дают возможность изменять передаточное отношение зубчатой пары между валами III и IV и получать восемь различных передаточных отношений. Это обеспечивает (с учётом возможности включения механизма перебора) 16 различных частот вращения шпинделя в диапазоне от 151 до 3895 об/мин.

Кинематические цепи подачи поперечных, вертикального и продольного суппортов (рис. 1.41) представляют собой кулачковые механизмы, преобразующие вращения дисковых кулачков в возвратно-поступательные движения соответствующих суппортов.

Движения поперечных (переднего и заднего) суппортов осуществляются от кулачков K_6 и K_7 (см. рис. 1.40). Схема работы механизма подачи переднего суппорта представлена на рис. 1.41, a . Возврат суппорта и силовой контакт нижнего ролика рычага P с кулачком осуществляется

пружиной Π . Фасонная поверхность кулачка является своеобразной «записью» программы работы суппорта.

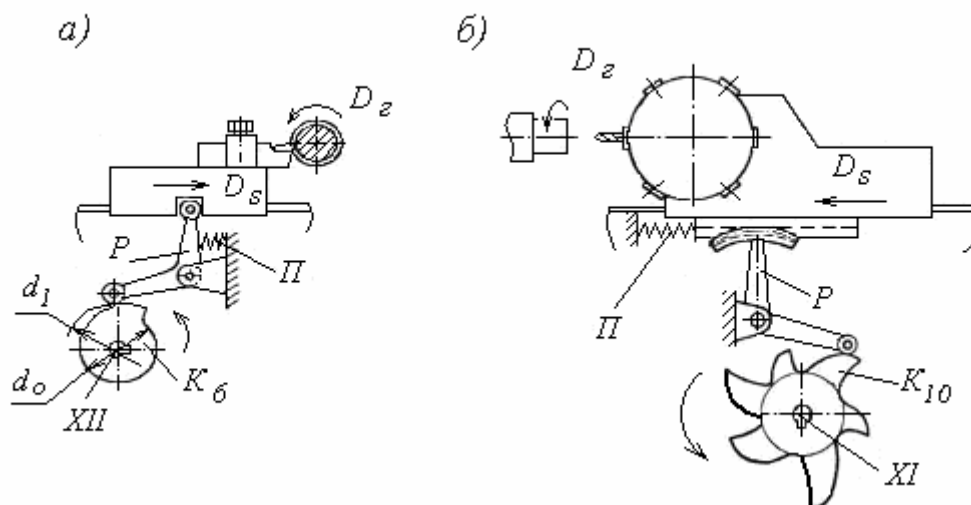


Рис. 1.41. Механизмы перемещений переднего (а) и револьверного (б) суппортов

При скольжении ролика по цилиндрическому участку кулачка суппорт остаётся неподвижным. Разность $(d_1 - d_0)/2$ восходящего участка определяет длину хода суппорта в направлении движения подачи D_s . Угол подъёма этого же участка определяет скорость движения подачи v_s . Отвод суппорта происходит при движении ролика по нисходящему участку кулачка. По такой же схеме работает и задний суппорт станка. Каждый поперечный суппорт один раз за цикл обработки подводится к заготовке. Поэтому кулачки K_6 и K_7 (см. рис. 1.40), управляющие поперечными суппортами, имеют по одному выступу.

Управление работой верхнего суппорта осуществляется аналогичным способом от кулачка K_5 .

Управляющий кулачок K_{10} револьверного суппорта может иметь до шести выступов (в соответствии с числом гнезд револьверной головки), занятых режущими инструментами (рис. 1.41, б). Разные скорости подач и пути перемещений для каждого из инструментов револьверной головки определяются формой соответствующих выступов кулачка K_{10} .

Определённая очерёдность вступления в работу суппортов обуславливается угловым расположением кулачков K_5 , K_6 , K_7 , K_{10} на валах XII и XI друг относительно друга.

Кинематические цепи вращения вспомогательного управляющего и главного распределительного валов. Формула кинематических связей

механизмов цепи привода вспомогательного управляющего вала VIII записывается в следующем виде:

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

При включённом электродвигателе M вращение через ряд передач поступает на свободно сидящее на вспомогательном управляющем валу VIII колесо 50. На вал VIII вращение с этого колеса передаётся при включении рукояткой P_1 кулачковой муфты M_1 . Из формулы кинематических связей следует, что вспомогательный управляющий вал имеет постоянную частоту вращения, равную 150 об/мин.

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

$$VIII - 45/67 - IX - a_1/b_1 - c_1/d_1 - X - 2/40 - XI - 38/38 - XII.$$

Гитару сменных зубчатых колёс в этой цепи, включающую две последовательно расположенные пары зубчатых колёс (a_1/b_1 и c_1/d_1), используют для настройки частоты вращения главного распределительного вала XII, определяемую длительностью автоматического цикла изготовления детали.

Включение вращения главного распределительного вала XII происходит одновременно с включением вспомогательного вала рукояткой P_1 .

Передаточное отношение гитары сменных зубчатых колёс $i_z = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1}$ при

наладке станка находят из уравнения кинематического баланса цепи, приведённого далее в виде следующей формулы:

$$n_{зрв} = n_{врв} \cdot \frac{45}{67} \cdot i_z \cdot \frac{2}{40},$$

где $n_{зрв}$ — частота вращения главного распределительного вала XII, об/мин; $n_{врв}$ — частота вращения вспомогательного распределительного вала VIII, об/мин.

Из неё следует, что

$$i_z = \frac{n_{зрв}}{n_{врв}} \cdot \frac{67}{45} \cdot \frac{40}{2}.$$

Входящую в данную формулу частоту вращения вспомогательного распределительного вала $n_{врв}$, об/мин, определяют из уравнения кинематического баланса цепи вращения вспомогательного распределительного вала:

$$n_{зрв} = 1420 \cdot \frac{22}{60} \cdot \frac{33}{51} \cdot \frac{107}{160} \cdot \frac{34}{50}.$$

Частоту вращения главного распределительного вала $n_{зрв}$, об/мин, принимают равной

$$n_{зрв} = 1/T_u,$$

где T_u — период автоматического цикла станка, соответствующий расчётному времени изготовления одной детали, мин.

Кинематическая цепь перемещения и закрепления прутка. Данная кинематическая цепь предназначена для выдвижения прутковой заготовки через отверстие в шпинделе на заданную длину с последующим закреплением выдвинутого прутка. Реализация этих перемещений обеспечивается автоматической работой подающей и зажимной цанг.

Зажимная цанга служит для закрепления заготовки — прутка в период его обработки и раскрепления прутка после отрезания изготовленной детали для перемещения прутка в рабочую позицию с последующим изготовлением очередной детали. Перемещение прутка в новую позицию осуществляет подающая цанга.

Формула кинематических связей механизмов цепи имеет следующий вид:

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

Включение цепи осуществляется автоматически упором на барабане K_8 (см. рис. 1.40) через однооборотную кулачковую муфту M_3 , расположенную на валу VIII. Муфта M_3 называется однооборотной, поскольку соединяет зубчатое колесо 42 с постоянно вращающимся валом VIII только на время одного оборота вала. В течение этого оборота через передачу 42–42 происходит один оборот вала XIII с кулачками K_1 и K_2 , управляющими соответственно подающей 1 и зажимной 2 цангами (рис. 1.42).

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. За время одного оборота вала XIII последовательно происходит:

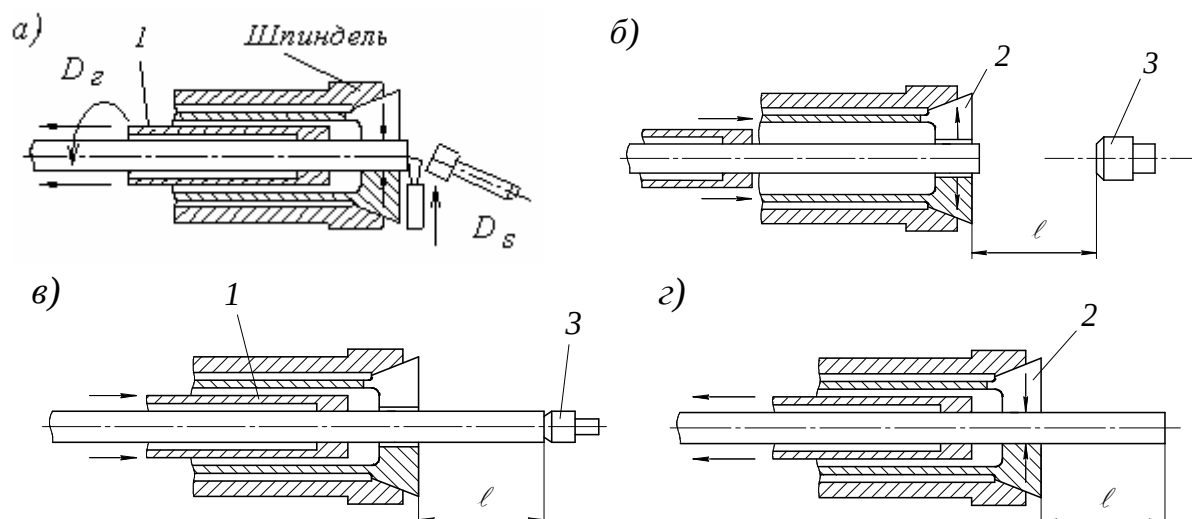


Рис. 1.42. Этапы работы механизма подачи и зажима прутка

- отвод подающей цанги 1 влево во время отрезки готовой детали, цанга скользит по прутку, так как зажимная цанга 2 сжатыми лепестками удерживает пруток в неизменном положении (рис. 1.42, а);
- остановка вращения шпинделя;
- раскрепление зажимной цанги при её движении вправо одновременно с подводом револьверного суппорта с упором 3 в револьверной головке на расстояние ℓ от торца цанги (рис. 1.42, б);
- движение подающей цанги 2 вместе с прутком вправо до касания прутком упора 3 (рис. 1.42, в);
- закрепление прутка зажимной цангой 2 при её движении влево (рис. 1.42, г);
- включение вращения шпинделя.

Кинематическая цепь вращения шпинделя механизма обгона и быстрого сверления начинается от вспомогательного распределительного вала VIII и заканчивается инструментальным шпинделем XIX, расположенным в одном из гнезд револьверной головки. В это гнездо устанавливают сверло, метчик или плашку.

Включение кинематической цепи обгона и быстрого сверления происходит с помощью рычага от переналаживаемого упора на диске K_4 , расположенного на главном распределительном валу XII. Рычаг включает однооборотную кулачковую муфту M_2 в тот момент, когда в рабочей позиции находится гнездо револьверной головки, несущее инструментальный шпиндель со сверлом или метчиком (плашкой). Муфта M_2 соединяет вращающийся вспомогательный распределительный вал VIII со звёздочкой 18

цепной передачи $18/11$ на время одного оборота вала $VIII$. Вращение через цепную передачу поступает на вал XVI , а далее через систему механизмов на шпиндель механизма обгона и быстрого сверления XIX . Частота вращения шпинделя имеет постоянное значение ($n = 700$ об/мин).

Ниже приведена формула кинематических связей этой цепи:

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

Кинематические цепи продольного перемещения револьверного суппорта и поворота револьверной головки. За период автоматического цикла работы станка (время изготовления одной детали) револьверный суппорт может совершать до шести циклов движений. Каждый цикл включает: быстрый подвод суппорта к заготовке, движение продольной подачи суппорта (рабочий ход), быстрый отвод, поворот револьверной головки на $1/6$ оборота и фиксацию её в этой позиции. Все эти движения во времени протекают в последовательности, определяемой конструкциями механизмов поворота револьверной головки и продольных перемещений револьверного суппорта и особенностями работы их приводов. Схема работы механизма продольных перемещений револьверного суппорта и устройство механизма поворота револьверной головки представлены на рисунках 1.41, б и 1.43.

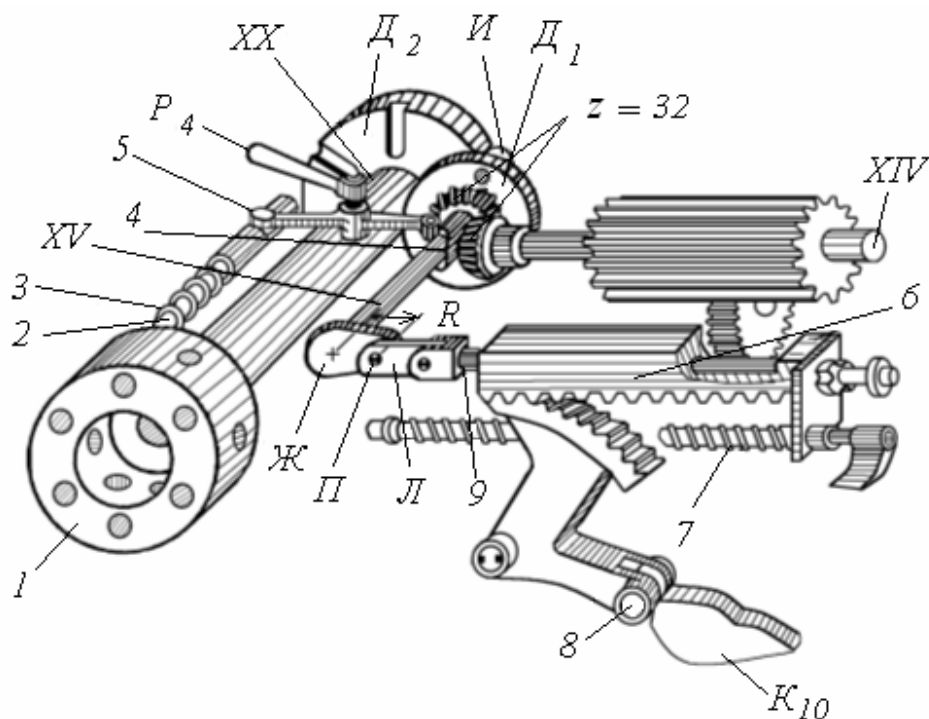


Рис. 1.43. Механизмы револьверной головки

Кинематическая цепь поворота револьверной головки 1 обеспечивает перемещение на рабочую позицию режущих инструментов, устанавливаемых с помощью державок в гнёзда (отверстия) револьверной головки, в заданной технологическим процессом последовательности. Срабатывание цепи и поворот револьверной головки на $1/6$ часть окружности происходят после каждого отвода револьверного суппорта в исходное положение по командам упоров на барабане K_9 главного распределительного вала XII, включающих рычагом однооборотную муфту M_4 (см. рис. 1.40).

При включении муфты M_4 вращение от вспомогательного управляющего вала VIII через эту муфту поступает на зубчатое колесо 32, которое через зубчатые колёса 66/32 и 32/32 сообщает один оборот кривошипному валику XV (рис. 1.43). За первую половину оборота валика суппорт (при неподвижной рейке 6) отойдет вправо на расстояние, равное удвоенному радиусу R , определяющему положение кривошипного пальца $П$ на эксцентрикe Ж. Одновременно торцовый кулачок 4, действуя на двуплечий рычаг 5, выводит фиксатор 2 из отверстия револьверной головки 1. После этого палец $И$ диска $Д_1$ входит в один из шести пазов диска $Д_2$ 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.

Движение продольной подачи револьверный суппорт получает от кулачка K_{10} , расположенного на валу XI, по следующей кинематической цепи (см. рис. 1.40):

VIII – 45/67 – IX – a_1/b_1 – c_1/d_1 – X – 2/40 – XI – K_{10} – рычаг 8 – зубчатый сектор – рейка – револьверная головка (РГ).

Во время рабочего хода револьверного суппорта звенья кривошипно-шатунного механизма ($Л$, $П$, $Ж$) неподвижны и находятся в положении, указанном на рисунке 1.43. Рейка 6 оказывается жёстко связанной с валиком XV и с суппортом. Следовательно, при движении пустотелой рейки 6 будет перемещаться суппорт с револьверной головкой.

Одновременно 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 этой цепи имеет следующий вид:
 $VIII - 32/66 - 66/32 - XIV - 32/32 - XV - D_1/D_2$ – револьверная головка (РГ).

Наладка токарно-револьверного автомата

Наладка станка с кулачковой системой автоматического управления включает следующие действия: расстановку кулачков K_5 , K_6 , K_7 и K_{10} и упоров на дисках K_4 , K_8 и K_9 управляющих валов; сборку гитар сменных зубчатых колёс в кинематической цепи вращения шпинделя (гитара колёс a/b на рис. 40) и цепи вращения главного распределительного вала (гитара колёс $a_1/b_1 - c_1/d_1$), закрепление режущих инструментов на поперечных и вертикальном суппортах и в револьверной головке, а также их наладку на выполнение заданных размеров.

Для проведения наладки токарно-револьверного автомата 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 всех требующихся технологических переходов и всех вспомогательных действий узлов станка в необходимой последовательности. Завершает автоматический цикл отвод верхнего суппорта после разрезания заготовки отрезным резцом, закреплённым на этом суппорте, и получение готовой детали.

Пример разработки фрагмента последовательности работы узлов станка на данной операции приведён в таблице 1.18.

По окончании проектирования управляющих кулачков их изготавливают в инструментальном цехе предприятия. Только после готовности кулачков можно приступить к непосредственной наладке станка.

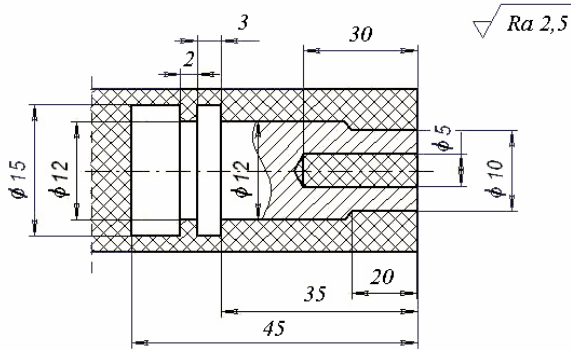
Содержание работы

Работа включает: изучение устройства и назначения токарно-револьверного автомата модели 1А118 и его узлов, механизмов, знакомства с

кинематической схемой, составление последовательности работы узлов станка при изготовлении конкретной детали в соответствии с индивидуальным заданием, оформление этой последовательности в виде технологического документа (плана выполнения операции) и подготовку отчёта.

Таблица 1.18

План токарно-револьверной автоматной операции (фрагмент)

Эскиз детали (с припусками и напусками на обработку)			
№ п/п	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	
5	Подрезание торца.	То же	Подрезной резец
	Поворот.	Револьверная головка	
6	Подвод.	Револьверный суппорт	
7	Точение $d = 15$ мм.	То же	Проходной резец
	Отвод	Задний суппорт	
8	И т. д.		

Порядок проведения работы

1. Изучите назначение и устройство токарно-револьверного автомата модели 1A118.

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 индивидуальное задание (таблица 1.19) и разработайте совместно с преподавателем план токарно-револьверной автоматной операции детали по этому заданию.

При разработке плана операции учтите 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 метчиком.

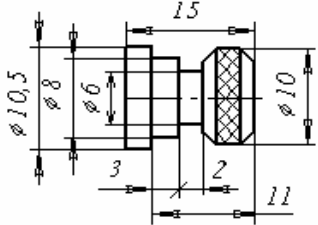
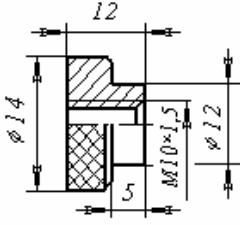
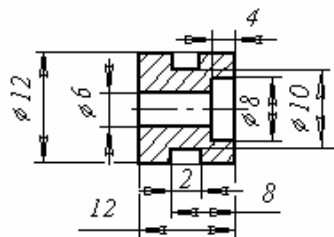
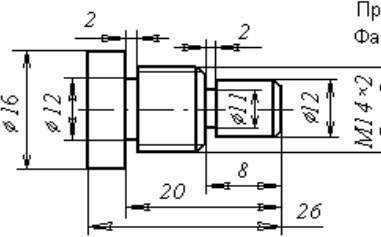
Одновременно реализуемые переходы указывайте в одной позиции (столбец - № п/п, таблица 1.18) плана операции.

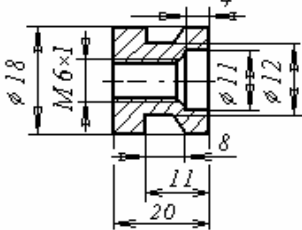
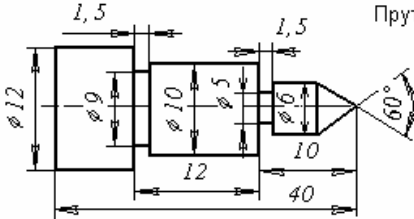
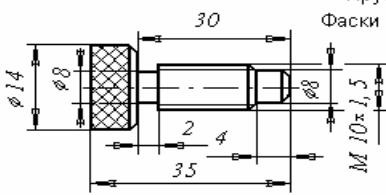
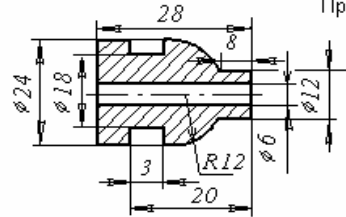
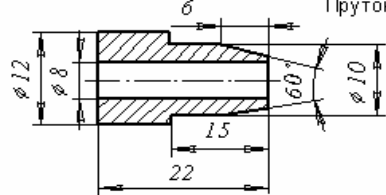
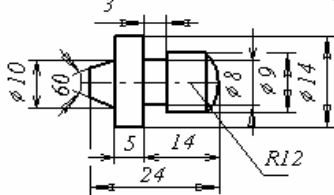
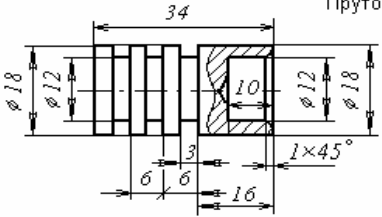
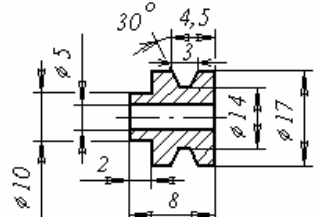
Содержание отчёта

1. Наименование работы.
2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (таблица 1.19).

Таблица 1.19

Индивидуальные задания

1  Пруток $\phi 12$ Фаски $1 \times 45^\circ$	2  Пруток $\phi 16$ Фаски $1 \times 45^\circ$
3  Пруток $\phi 14$	4  Пруток $\phi 18$ Фаски $1 \times 45^\circ$

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

3. Фрагмент кинематической схемы станка, обеспечивающий работу заданного преподавателем механизма (узла); описание его работы: назначение, способ включения, способ изменения скорости движения узла, формула кинематических связей.

4. Эскиз детали и план токарно-револьверной автоматной операции её изготовления (по форме таблицы 1.18).

1.9. НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО ЗУБОФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

Цель работы: знания методов нарезания венцов зубчатых колёс, назначения, устройства и кинематической схемы зубофрезерного станка модели 5310; умения читать кинематическую схему станка и подбирать

сменные зубчатые колёса гитары скоростей, гитар цепей движений обкатки и подачи при нарезании прямозубого зубчатого колеса.

Методы нарезания венцов зубчатых колёс

Образование зубчатого венца колеса удалением материала режущим инструментом на цилиндрической, конической или плоской поверхности выполняют фрезерованием, строганием, долблением, протягиванием, шевингованием и шлифованием. При этом формообразование профиля боковых поверхностей зубьев может осуществляться двумя методами: копированием (рис. 1.44) и обкаткой (рис. 1.45).

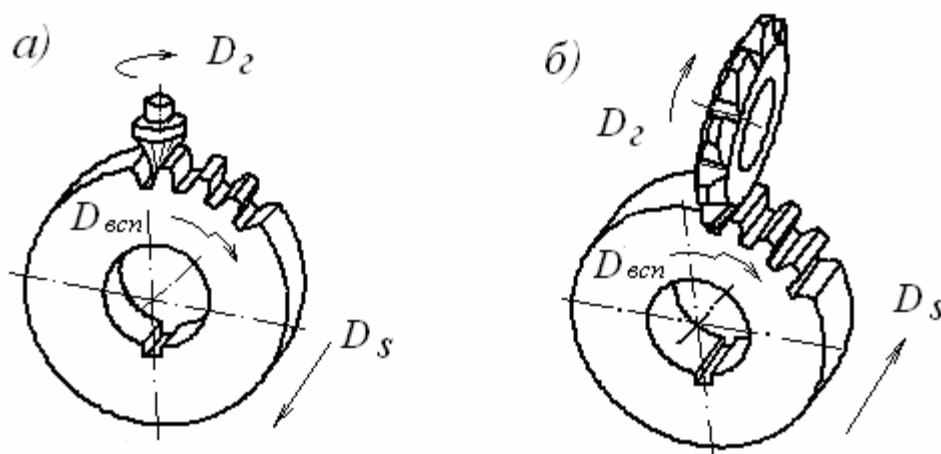


Рис. 1.44. Схемы обработки венцов зубчатых колёс методом копирования

Метод копирования, реализуемый пальцевой (рис. 1.44, а) и дисковой (рис. 1.44, б) модульными фрезами, характеризуется тем, что процесс фрезерования осуществляют режущим инструментом, профиль режущей кромки которого соответствует профилю канавки зубчатого венца нарезаемого колеса.

При изготовлении зубчатых колёс 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, в том числе: зубодолблением (рис. 1.45, а, б), зубофрезерованием (рис. 1.45, в), зубостроганием (рис. 1.45, г).

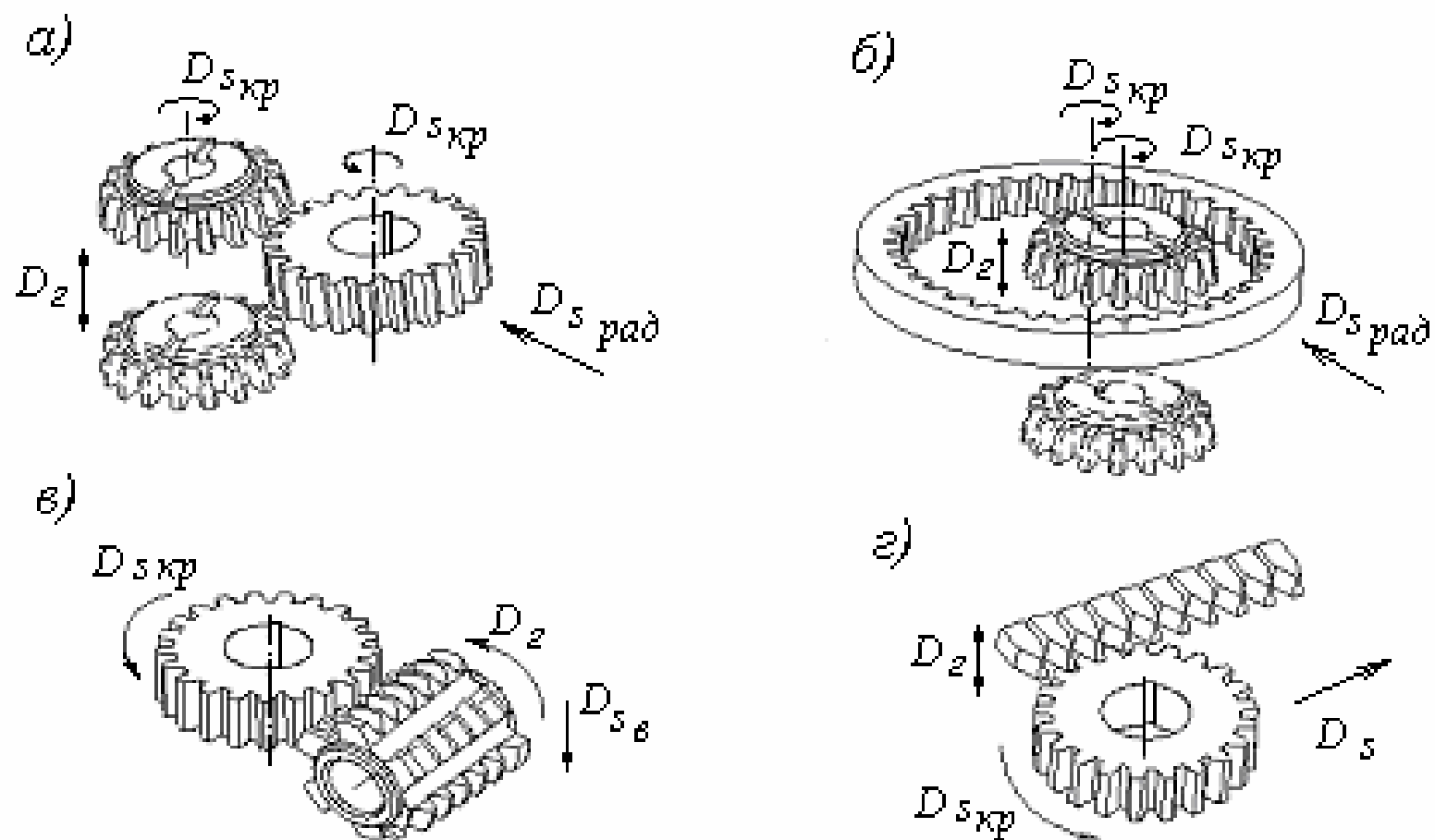


Рис. 1.45. Схемы обработки венцов зубчатых колёс методом обкатки

Наибольшее распространение в промышленности получила обработка зубчатых колёс методом зубофрезерования. Этим методом можно нарезать венцы цилиндрических зубчатых колёс с прямыми (рис. 1.45, в) и винтовыми (рис. 1.46, а) зубьями, а также венцы червячных колёс (рис. 1.46, б). Режущим инструментом в представленных схемах 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.

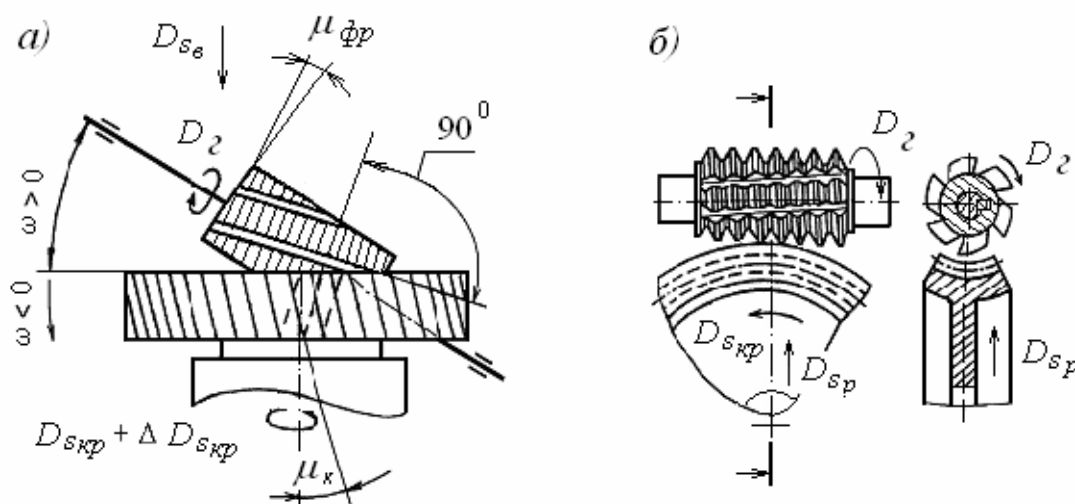


Рис. 1.46. Схемы фрезерования венцов цилиндрического косозубого (а) и червячного (б) зубчатых колёс

Главным движением резания при зубофрезеровании методом обкатки является вращение фрезы D_2 . Заготовка при реализации данного метода совершает вращательное (круговое) движение $D_{скр}$ с частотой вращения n_0 , об/мин, рассчитываемой при нарезании прямозубых зубчатых колёс (рис. 1.45, в) по формуле

$$n_0 = n_\phi k / z, \quad (1.34)$$

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

При изготовлении цилиндрических (прямозубых и винтовых) колёс по методу обкатки фрезе наряду с главным движением резания D_2 сообщают движение вертикальной подачи $D_{св}$, направленное вдоль оси заготовки. Введение этого движения обеспечивает нарезание зубьев на всей

ширине венца. Для получения винтовых зубьев заготовке помимо движений обкатки (согласованных по частоте вращения фрезы и заготовки) и вертикальной подачи фрезы D_{S_g} необходимо сообщить дополнительное вращение ΔD_{Skp} (см. рис. 1.46, а). Скорость его должна быть согласована с вертикальной подачей S_g следующим образом: при опускании фрезы на шаг винтовой впадины зубчатого колеса заготовка должна дополнительно повернуться на один оборот.

При нарезании цилиндрических зубчатых колёс фрезу устанавливают так, чтобы передняя поверхность её 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 подъёма витков фрезы μ_ϕ и наклона зубьев изготавливаемого колеса μ_k .

При принятом на рисунке 1.46, а направлении положительных значений углов ω значение этого угла определяют по формулам, приведённым в таблице 1.20.

Таблица 1.20

Формулы определения угла поворота червячной фрезы

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

Примечание. Направление углов подъёма витков фрезы и наклона зуба колеса (правое или левое) определяют по правилам правого и левого буравчика.

Нарезание венцов червячных зубчатых колёс зубофрезерованием (метод обкатки) имеет свою специфику по отношению к изготовлению цилиндрических колёс. Движение вертикальной подачи фрезы D_{S_g} в этом случае отсутствует. Угол наклона оси фрезы ω принимают равным нулю. Фрезу устанавливают так, что её ось располагается на середине венца

колеса. Заготовке при резании сообщают движение радиальной подачи D_{sp} (рис. 1.46, 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 модели 5310 и его основные узлы

Зубофрезерный станок модели 5310 предназначен для нарезания цилиндрических прямозубых и винтовых, а также червячных колёс 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 колёс диаметрами от 60 до 180 мм с модулями от 1 до 4 мм. Внешний вид зубофрезерного станка показан на рисунке 1.47.

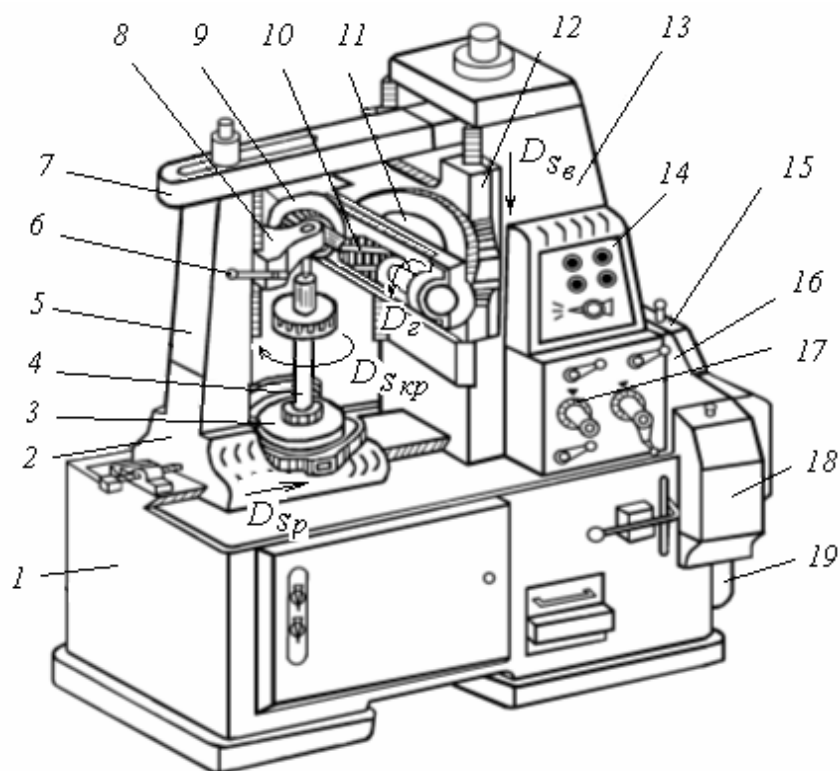


Рис. 1.47. Внешний вид зубофрезерного станка модели 5310

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 жёсткость.

На внешних поверхностях станины установлены устройства, называемые гитарами сменных зубчатых колёс 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, кинематическая схема и кинематические цепи зубофрезерного станка модели 5310

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

Привод станка состоит из источника или нескольких источников 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 соединённых механизмов, образующих кинематические пары и передающих движение от начального звена кинематической цепи к конечному звену. Привод зубофрезерного станка модели 5310 имеет пять основных кинематических цепей.

Кинематические цепи станка на чертеже представляют в виде кинематической схемы. Кинематической схемой называют условное изображение на плоскости механизмов, валов, отдельных деталей и источников движения, приведённое 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 «Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики», выдержки из которого представлены в приложении 3.

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

На рисунке 1.48 приведена 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 подаётся на вал I. С вала I через цилиндрические зубчатые колёса с числами зубцов 30 и 50 вращение поступает на вал II, *а*.

Отсюда вращение передаётся либо через сменные зубчатые колёса A' и B' , либо через механизм реверса 40/40 и сменные зубчатые колёса A и B на вал III³. С вала III через расположенные на валах IV, V и VI три конические зубчатые передачи 24/24 (две передачи) и 17/17 с общим передаточным отношением, равным 1, вращение передаётся на вал VI.

Далее, через пару прямозубых цилиндрических колёс 20 – 60, вращение поступает на шпиндель станка VII и на фрезу.

³ Буквы A , B , A' , B' обозначают числа зубьев колёс, указанных этими индексами на кинематической схеме (см. рис. 1.48).

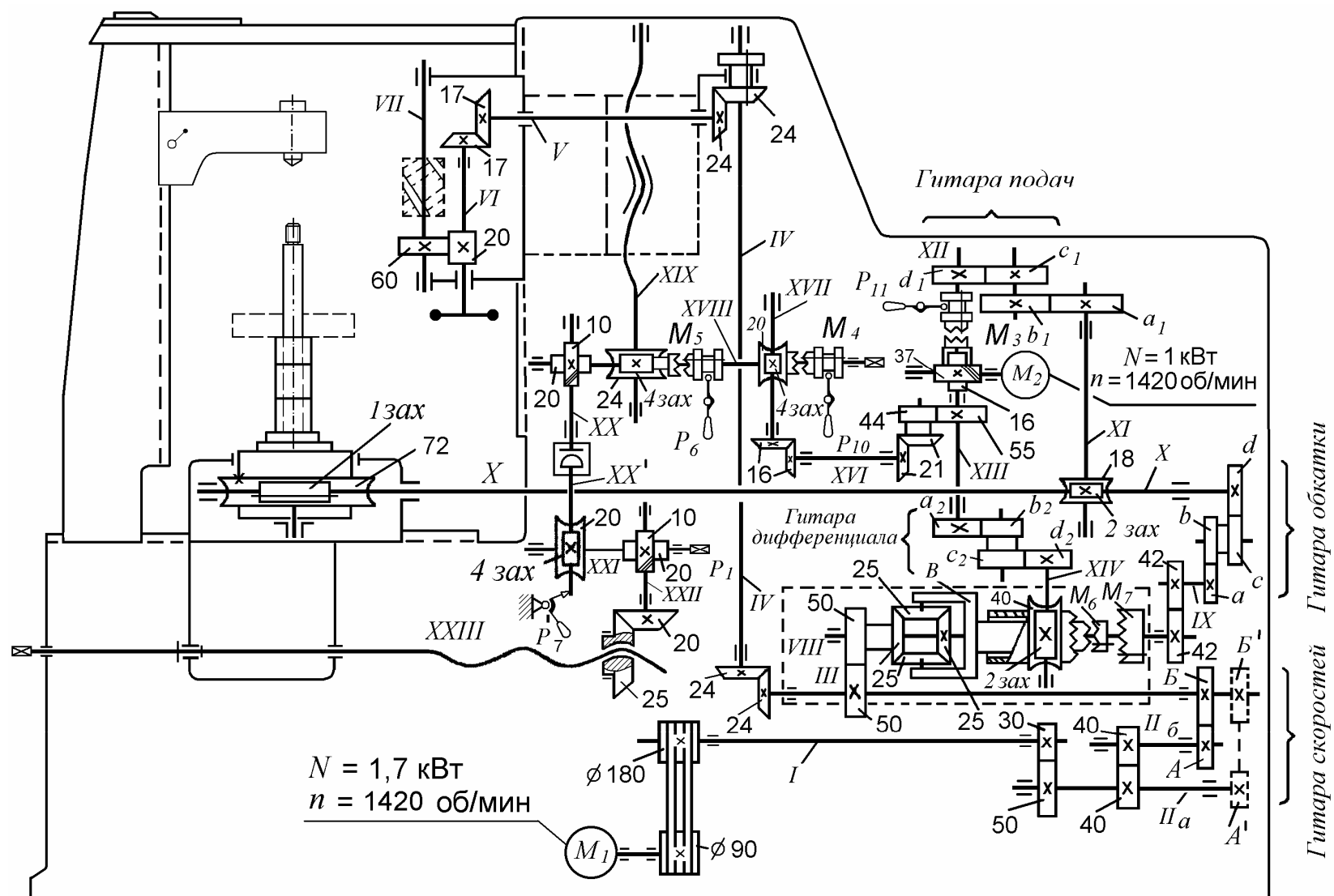


Рис. 1.48. Кинематическая схема зубофрезерного станка модели 5310

Рассмотренную кинематическую цепь представляют в виде формулы кинематических связей её механизмов:

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

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

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

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 ($i_{гс} = A/B$); $i'_{гсд}$ — 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 путём подбора парных зубчатых колёс A и B или A' и B' (отношения чисел зубьев колёс A/B и A'/B' равны). Такой подбор осуществляют на основе определения передаточного отношения $i_{гс}$ колёс из уравнения кинематического баланса (1.35) путем подстановки в уравнение

$$i_{гс} = \frac{A}{B} = i'_{гсд} \frac{n_{шп}}{n_{дв}}$$

значения $i'_{гсд}$, рассчитанного по кинематической схеме, частоты вращения вала двигателя и частоты вращения шпинделя (определённой по заданной скорости резания). Следующим действием является подбор таких колёс A и B из прилагаемого к станку набора зубчатых колёс, чтобы выполнялось условие их сцепляемости: сумма чисел их зубьев ($A + B$) должна быть равна 65.

Условие сцепляемости получено исходя из того, что расстояние между осями валов II и III (II_a и III) гитары скоростей на станке постоянно и не может быть изменено, а потому сумма чисел зубцов колёс A и B (A' и B') также должна быть постоянной.

Кинематическая цепь движения обкатки. Эта цепь служит для согласования частот вращения фрезы (n_ϕ) и заготовки (n_o) по условию, представленному формулой (1.34). Начальным звеном цепи обкатки является шпиндель станка, конечным — стол, на оправке которого 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 (передачи a/b и c/d). Передаточное отношение этой гитары i_{zo} можно ступенчато варьировать путём подбора (выбора числа зубьев) её сменных зубчатых колёс a , b , c , d в соответствии с уравнением

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

Кинематическая цепь движения вертикальной подачи фрезы. Эта цепь обеспечивает вертикальное перемещение суппорта вместе с фрезой с заданным значением вертикальной подачи (S_ϕ , мм/оборот заготовки). Начинается цепь со стола станка 3 (см. рис. 1.47), реализующего вращение заготовки, и заканчивается винтовой передачей, располагающейся в суппорте 11 и обеспечивающей преобразование вращения винта XIX в поступательное перемещение фрезерного суппорта.

Формула кинематических связей механизмов этой цепи имеет следующий вид (см. рис. 1.48):

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 создаётся электродвигателем M_2 при включенной кулачковой муфте M_3 .

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

Скорость поступательного движения стола согласовывают с частотой его вращения (вращения заготовки) путём выбора радиальной подачи S_p , мм/оборот 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 – 20/10 – XX – шарнир – XX' – 4/20 – XXI – 20/10 – 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 колёс. Начальным звеном в этих цепях является стол станка с заготовкой. Конечные звенья цепей радиальной и вертикальной подач представлены разными механизмами. При расчёте по кинематическим цепям значений подач используют следующие уравнения кинематического баланса:

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

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

где i_{zn} — передаточное отношение гитары подач; i'_{rpn} , i'_{vgn} — передаточные отношения цепей радиальной и вертикальной подач без механизма гитары подач; t_{vv} и t_{pv} — значения шагов ходовых винтов соответственно вертикальной и радиальной подач 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_7 – дифференциал – VIII – 42/42 – IX – a/b – c/d – X – 1/72 – *стол*.

Механизм дифференциала (рис. 1.49) 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 колёс с винтовыми зубьями.

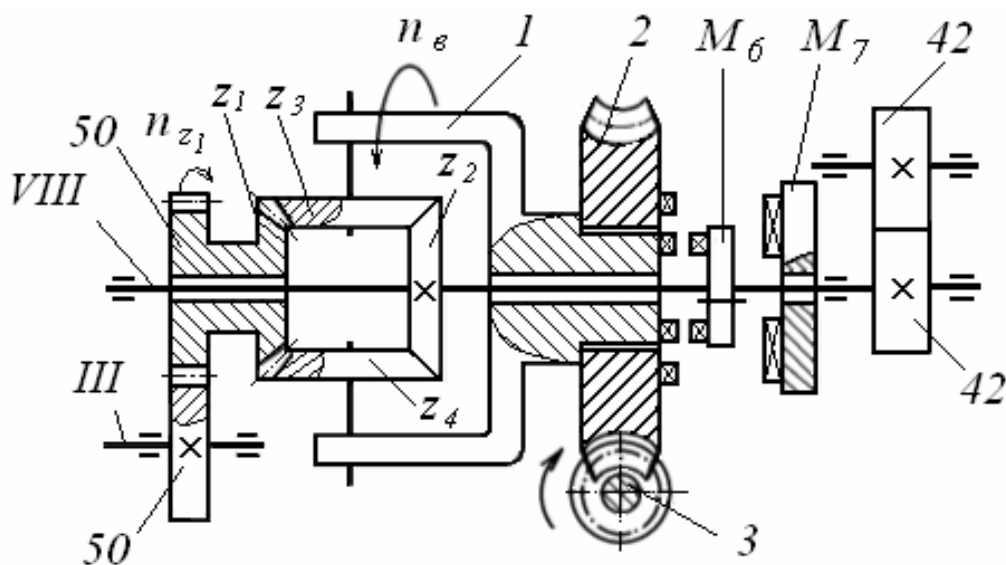


Рис. 1.49. Устройство дифференциала зубофрезерного станка модели 5310

Дифференциал состоит из четырёх конических зубчатых колёс z_1, z_2, z_3, z_4 , водила 1, червячного колеса 2, червяка 3 и сменных кулачковых муфт M_6 и M_7 . При нарезании прямозубых зубчатых венцов дифференциал «выключают», для чего сменную муфту M_6 сдвигают влево, жёстко соединя водило 1 с валом VIII. Муфта M_7 с вала VIII при этом снимается. Поэтому вращение от вала III через зубчатую передачу 50/50 сообщается свободно сидящему на валу VIII колесу z_1 . С помощью муфты M_6 вал VIII, водило 1, колесо z_2 и колёса 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 $i_d = 1$.

При нарезании колёс с винтовыми зубьями вместо муфты M_6 на вал *VIII* устанавливают кулачковую муфту M_7 . При её смещении влево червячное колесо 2 соединяется со ступицей водила *I*. Поэтому водило будет

получать вращение n_6 от кинематической цепи дифференциала через вал 3, а колесо z_2 и связанный с ним вал VIII будут вращаться с частотой $n_{VIII} = n_{z_1} \pm 2n_6$. 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 колёс, изучение назначения и устройства зубофрезерного станка модели 5310 и его кинематической схемы, методики подбора зубчатых колёс гитар сменных зубчатых колёс для наладки станка на зубофрезерование колёс различных типов; выполнение расчётов, необходимых при наладке зубофрезерного станка на фрезерование прямозубого зубчатого колеса.

Порядок проведения работы

1. Изучите способы нарезания зубчатых колёс и ознакомьтесь с зуборезным инструментом (по демонстрационному стенду).
2. Изучите устройство и кинематическую схему станка.
3. Проследите за изготовлением учебным мастером на станке венца зубчатого колеса.
4. Получите от преподавателя индивидуальное задание (таблица 1.21).

Таблица 1.21

Индивидуальные задания

Но- мер за- да- ния	Зубчатое колесо		Червячная фреза		Режим резания	
	z	m , мм	D_f , мм	направление витков фрезы	v , м/мин	S_v , мм/об заготовки
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

Продолжение табл. 1.21

Но- мер за- да- ния	Зубчатое колесо		Червячная фреза		Режим резания	
	z	m , мм	D_f , мм	направление витков фрезы	v , м/мин	S_v , мм/об заготовки
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 колёс с числами 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 $k = 1$.

5. Выполните следующие расчёты, необходимые для наладки станка на изготовление указанного в таблице прямозубого цилиндрического колеса.

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

$$n_{расч} = 1000v/\pi D_f. \quad (1.39)$$

5.2. Подберите из прилагаемых к станку (см. примечание 1 к таблице 1.21) сменные зубчатые колёса гитары скоростей A и B , выполнив соот-

ношение $A/B \leq \frac{n_{расч}}{142}$ и условие сцепляемости колёс: $A + B = 65$.

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

5.4. Рассчитайте действительные частоту вращения фрезы n_ϕ и скорость главного движения резания v_ϕ , используя уравнение кинематического баланса цепи главного движения резания (1.35) и формулу (1.39).

5.5. Подберите сменные зубчатые колёса a, b, c, d гитары обкатки из набора колёс (приложение 1 к таблице 1.21) по формуле

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

После того, как передаточное отношение сменных зубчатых колёс гитары определено и подобраны зубчатые колёса с реализующими это отношение числами зубьев, необходимо проверить возможность установки выбранных зубчатых колёс на валы гитары обкатки. Такую проверку называют проверкой колёс на сцепляемость. Необходимость её проведения связана с тем, что зубчатые колёса должны разместиться в отведённом для гитары обкатки пространстве и не упираться при их установке во втулки соседних валов.

Сцепляемость колёс гитары обкатки обеспечивается при выполнении следующих условий:

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

5.6. Подберите сменные зубчатые колёса 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 колёса проверьте на выполнение следующих условий сцепляемости:

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

5.7. Определите глубину фрезерования t и расчётный диаметр заготовки $D_{заг}$ по формулам: $t = 2,25m$; $D_{заг} = m(z + 2)$, где m — модуль зубчатого колеса.

Округлите значение глубины резания по точности, соответствующей цене деления лимба винта радиального движения стола станка.

Содержание отчёта

1. Название работы.
2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (таблица 1.21).

Индивидуальное задание: «Подобрать зубчатые колёса гитар скорости главного движения, обкатки и вертикальной подачи, необходимые для наладки станка на изготовление указанного в задании прямозубого цилиндрического колеса».

3. Схема зубофрезерования по форме рисунка 1.46, *a* (выполняется с учетом типа колеса и направления витков фрезы, указанного в индивидуальном задании).

4. Расчёты, приведённые в п. 4 раздела «Порядок выполнения работы».

1.10. НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА И ШЛИФОВАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Цель работы: знания назначения и устройства плоскошлифовального станка модели 3Г71М, принципа работы его гидропривода, характеристик и маркировки шлифовальных кругов; умения выбирать режим шлифования плоскости и шлифовальный круг для заданного материала заготовки и конкретных условий шлифования.

Общие сведения о шлифовании

Шлифованием называют технологический метод обработки поверхностей, при котором режущим инструментом является абразивный (шлифовальный) круг, а удаление припуска осуществляется микроцарапанием и истиранием обрабатываемой поверхности твёрдыми и острыми абразивными зёрнами, расположенными на рабочей поверхности круга.

Главным движением резания D_z при шлифовании является вращение шлифовального круга, осуществляемое с высокой скоростью. Благодаря этому над каждой элементарной площадкой обрабатываемой поверхности в единицу времени проскальзывает огромное число абразивных зёрен. Отдельное зерно удаляет микроскопический объём материала, а суммарная масса удалённого припуска оказывается достаточной для определения шлифования как высокопроизводительного метода обработки заготовок. Кроме главного движения резания при шлифовании заготовке или шлифовальному кругу придают одно или несколько движений подачи D_s с целью

распространения процесса на всю обрабатываемую поверхность и для удаления заданного припуска.

Шлифование используют как на обдирочных технологических операциях, характеризующихся удалением больших припусков, так и на чистовых операциях с получением высокоточных и высококачественных поверхностей. Точность получаемых размеров зависит от конструкции и жёсткости станка. Шлифованием можно получить размеры по 5–8-му качествам точности. Шероховатость шлифованной поверхности после чернового шлифования по параметру Ra составляет 1,25–0,63 мкм, после чистового шлифования — 0,40–0,16 мкм. После прецизионного шлифования можно получить шероховатость поверхности Ra не менее 0,1 мкм.

Шлифование осуществляют на станках шлифовальной группы. Их различают по форме изготавливаемых поверхностей, например: плоскошлифовальные, круглошлифовальные, внутришлифовальные, зубошлифовальные станки.

Устройство плоскошлифовального станка 3Г71М

Плоскошлифовальный станок 3Г71М (рис. 1.50) предназначен для шлифования на заготовках плоскостей, открытых прямолинейных пазов и уступов.

Основными узлами станка являются станина 1 с вертикальной стойкой 9, поперечный стол 2, продольный стол 3 и шлифовальная головка 7, несущая шпиндель со шлифовальным кругом 6. Станок оснащён насосной станцией 12 для подачи в зону обработки смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) и очистки поверхности заготовки. В состав насосной станции входят отстойник и магнитный сепаратор для очистки СОЖ от продуктов разрушения абразивного круга и стружки.

Главным движением резания D_z на станке является вращение шпинделя с постоянной частотой $n = 2740$ об/мин. Продольная подача $D_{S_{np}}$, м/мин, осуществляется возвратно-поступательным движением стола 3, а поперечная подача $D_{S_{non}}$, мм/ход, реализуется прерывистым поступательным движением поперечного стола 2. Движения подач столов станка 2 и 3 осуществляются с помощью гидропривода. Перемещения поперечного и

продольного столов можно осуществлять автоматически (от гидропривода) или вручную маховичками P_1 и P_2 .

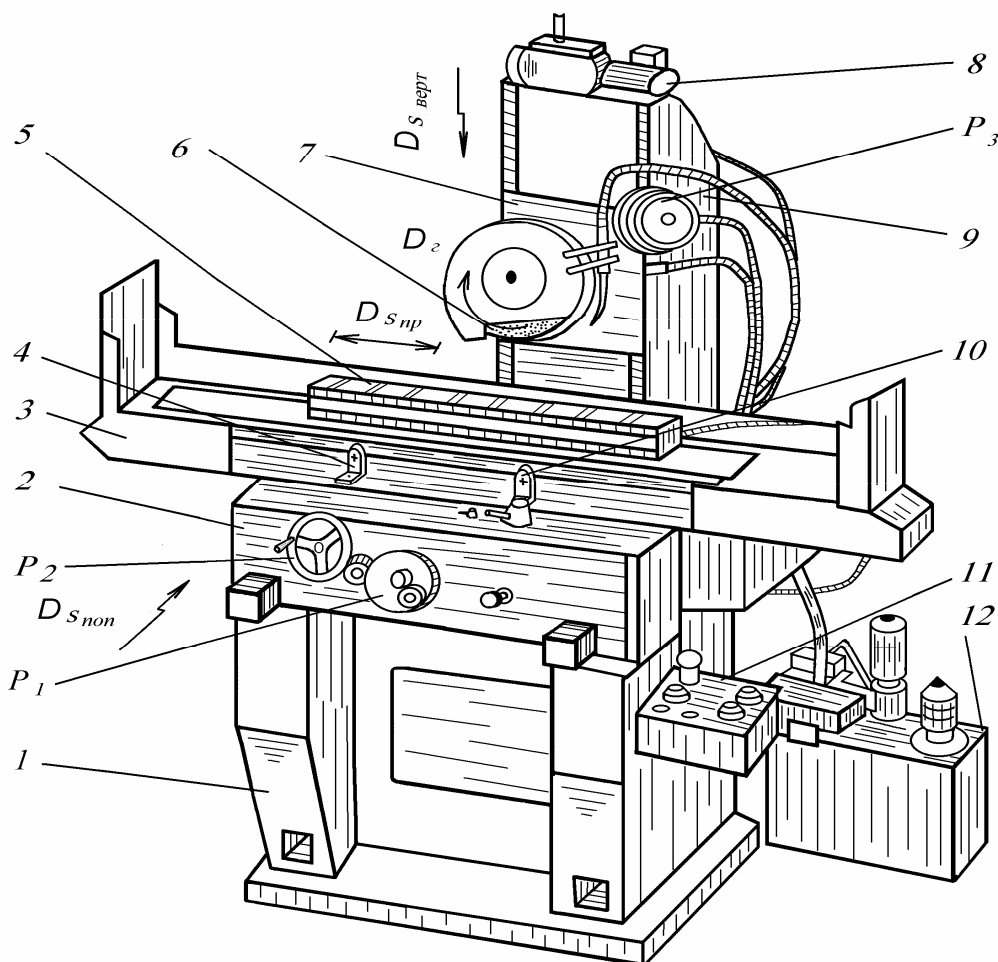


Рис. 1.50. Плоскошлифовальный станок модели 3Г71М

Вертикальное перемещение шлифовальной головки 7 в направлении к заготовке выполняется вручную с помощью маховичка P_3 и использования нониуса с ценой деления 0,001 мм. Перемещение шлифовальной головки вверх для сокращения затрат времени при переналадках станка выполняется ускоренно с помощью электродвигателя 8.

Станок предназначен для выполнения чистового шлифования и обеспечивает высокое качество обработанных поверхностей. Для получения малой высоты шероховатости и исключения волнистости обработанной поверхности на станке предусмотрен ряд конструкторских решений, снижающих вибрации во время шлифования. В кинематической цепи электродвигатель — шпиндель исключены промежуточные механизмы, а ротор асинхронного двигателя главного движения резания смонтирован непосредственно на шпинделе станка. В приводах подач механические передачи

заменены гидравлическими, не возбуждающими вибраций. Шлифовальный круг закрепляют на шпинделе с помощью оправки, конструкция которой позволяет производить балансировку круга и исключить вибрации, вызываемые несовмещением центра массы круга с осью вращения шпинделя.

Гидропривод станка обеспечивает бесступенчатое изменение продольной подачи в пределах $S_{np} = 5\text{--}20$ м/мин и ступенчатое изменение поперечной подачи в пределах $S_{non} = 0,3\text{--}4,2$ мм/ход стола. Реверс продольного стола 3 выполняется автоматически по командам от упоров 4 и 10, расстояние между которыми устанавливают при наладке длины хода стола.

Для закрепления ферромагнитных заготовок (конструкционные стали, чугуны) в комплекте станка предусмотрена электромагнитная плита 5. При её включении заготовка притягивается к плите, а возникающие в контакте «заготовка – плита» силы трения удерживают её в процессе шлифования. Для надёжного закрепления опорная поверхность заготовки должна быть плоской и предварительно обработанной.

Включение и выключение систем станка осуществляют кнопками и тумблерами, расположенными на пульте управления 11.

Устройство гидропривода станка

Гидравлический привод станка состоит из лопастного насоса, поршневого гидродвигателя продольной подачи, лопастного гидродвигателя поперечной подачи, управляющей, регулирующей и предохранительной гидроаппаратуры, бака с рабочей жидкостью (минеральным маслом), фильтров рабочей жидкости 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 рисунке 1.51.

При выполнении продольной подачи стола гидропривод станка работает следующим образом. Асинхронный электродвигатель M вращает ротор лопастного насоса H , который нагнетает масло в гидросистему станка под давлением из бака через фильтр грубой очистки Φ_1 , трубопровод 1, регулятор давления $РД$ и фильтр тонкой очистки Φ_2 .

Регулятором давления $РД$ устанавливают заданное давление масла в гидросистеме, которое в дальнейшем автоматически поддерживается

пружиной на этом уровне. При повышении давления в системе по случайным причинам плунжер регулятора перемещается вверх под давлением масла в нижней полости, открывая маслу проход в трубопровод 2. Избыточный объём масла сливается в бак, восстанавливая заданное давление в системе. При снижении давления ниже нормы плунжер регулятора $РД$ перемещается вниз, уменьшает проходное сечение в трубопровод 2, соответственно, и объём сливаемого избыточного масла. При этом уровень давления в системе восстанавливается.

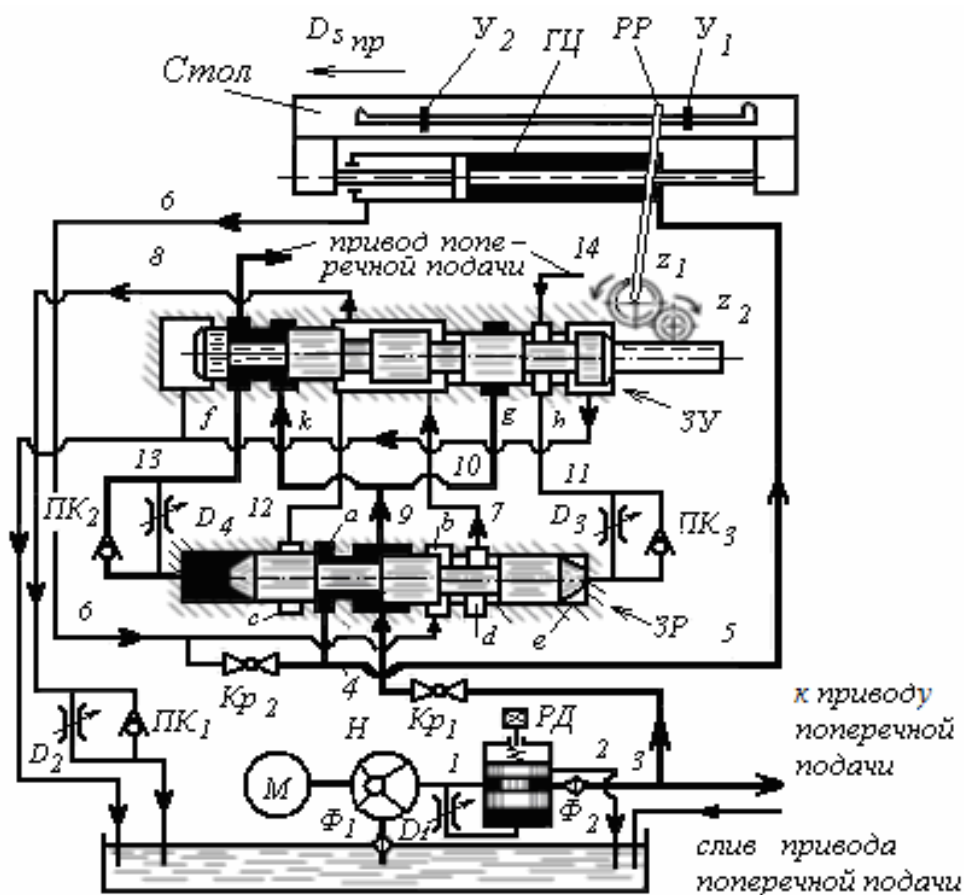


Рис. 1.51. Фрагмент схемы гидропривода плоскошлифовального станка

Для обеспечения плавности работы регулятора $РД$ в систему встроен дроссель D_1 . Дроссель — устройство с регулируемым поперечным сечением отверстия, позволяющее изменять объём протекающего через это отверстие масла. Дроссель D_1 создает дополнительное гидравлическое сопротивление на пути масла в нижнюю полость $РД$ и из неё, смягчая тем самым резкие срабатывания регулятора и скачки давления в системе.

Для включения продольной подачи открывают кран Kp_1 и закрывают кран Kp_2 (краны управляются одной рукояткой одновременно). При открытом кране Kp_1 масло из трубопровода 3 поступает в среднюю расточку золотника реверса $3P$. Далее через кольцевую канавку a , трубопроводы 4 и 5 оно попадает в правую полость поршневого гидродвигателя — гидроцилиндр $ГЦ$. Поршень гидродвигателя под давлением масла движется влево, сообщая поступательное движение столу станка в том же направлении. Из левой полости гидроцилиндра масло сливается в бак, проходя при этом через трубопровод 6, канавки b и d золотника реверса $3P$, трубопровод 7, среднюю полость золотника управления $3У$, трубопровод 8 и дроссель D_2 . С помощью регулируемого дросселя D_2 изменяют расход масла, сливаемого из гидроцилиндра $ГЦ$, и таким образом изменяют скорость продольной подачи стола станка. Рукоятка дросселя D_2 находится на верхней плоскости поперечного стола.

Предохранительный клапан $ПК_1$ отрегулирован на критическое давление масла в системе. При превышении критического значения происходит срабатывание клапана. При этом открывается дополнительный проход для слива масла в бак и предотвращается аварийная ситуация.

Движение стола в левую сторону будет продолжаться до тех пор, пока упор $У_1$, закреплённый на столе станка, не набежит на рычаг реверса PP . Поворот рычага через зубчатые колёса z_1 и z_2 и зубчатую рейку, выполненную на плунжере золотника управления $3У$, вызывает перемещение плунжера в крайнее левое положение. При этом проход для масла между канавками f и k золотника $3У$ прекращается и открывается проход между канавками g и h .

Теперь масло из средней расточки золотника реверса $3P$ через трубопроводы 9, 10, канавки g и h , трубопровод 11, дроссель D_3 поступает в правую полость e золотника реверса и через трубопровод 14 в привод поперечной подачи. Тем самым подается своеобразная «команда» на перемещение золотника реверса $3P$ влево и на выполнение поперечной подачи стола станка. Обе «команды» выполняются в момент реверса продольной подачи стола.

Плунжер золотника $3P$ под давлением масла справа перемещается в крайнее левое положение. В результате проход для масла от насоса H из

центральной расточки золотника $ЗР$ в канавку a будет закрыт, а в канавку b — открыт. Кроме того, канавки a и c соединятся, а b и d разъединятся.

При этом положении плунжера золотника реверса масло из бака будет поступать по магистрали «Бак - Φ_1 - H - трубопровод 1 - $РД$ - Φ_2 - трубопровод 3 - средняя расточка $ЗР$ - канавка b - трубопровод 6» в левую полость гидроцилиндра $ГЦ$. Шток гидродвигателя вместе со столом станка начнет перемещаться вправо. Масло из правой полости гидроцилиндра будет сливаться в бак через трубопроводы 5 и 4, канавки a и c золотника $ЗР$, трубопровод 12, центральную расточку $ЗУ$, трубопровод 8, дроссель D_2 .

Стол будет двигаться вправо до тех пор, пока закреплённый на нём упор $У_2$ не повернёт рычаг реверса $РР$, который через зубчатые колёса 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 начнёт перемещаться влево.

Регулируемые упоры $У_1$ и $У_2$ устанавливают на боковой стенке продольного стола при наладке станка, определяя тем самым длину продольного хода и моменты его реверсов.

Для перемещения продольного стола вручную маховиком P_2 (см. рис. 1.50) гидросистему отсоединяют от напорного трубопровода 3, закрывая кран Kp_1 и открывая одновременно кран Kp_2 . При этом масло свободно переливается из одной полости гидроцилиндра $ГЦ$ в другую через трубопроводы 5 и 6, не препятствуя перемещениям стола. Поскольку насос H при закрытом кране Kp_1 продолжает работать, в трубопроводе 1 повышается давление. Плунжер регулятора давления $РД$ поднимается вверх, и весь объём масла, нагнетаемого насосом H , через полость $РД$ и трубопровод 2 сливается в бак.

Переливные клапаны $ПК_2$ и $ПК_3$ совместно с дросселями D_3 и D_4 участвуют в управлении скоростями срабатывания золотника реверса при прямом и обратном продольных ходах стола. Так, например, при поступлении масла в полость e золотника реверса при смещении золотника управления $ЗУ$ влево клапан $ПК_3$ открывает дополнительный проход для более быстрого заполнения этой полости и ускорения смещения плунжера золотника влево. При обратном ходе стола и смещении плунжера золотника

вправо клапан $ПК_3$ автоматически закрывается, а скорости удаления масла из полости e и смещения золотника $ЗР$ в этом направлении определяются наладкой дросселя D_3 . Аналогично работают клапан $ПК_3$ и дроссель D_4 по отношению к левой полости золотника реверса.

Характеристики и маркировка шлифовального круга

Шлифовальный круг представляет собой твёрдое тело, в котором абразивные зёрна равномерно распределены по объёму и соединены в единый режущий инструмент с помощью связующего материала (связки). Кроме того структурными элементами круга являются *наполнитель* и воздушные поры.

Наполнители используют для улучшения эксплуатационных свойств шлифовальных кругов. По выполняемым функциям различают следующие виды наполнителей: *антифрикционные* (выполняют смазочные функции), *теплопроводящие* (увеличивают отвод тепла из зоны резания в круг), *активирующие* (интенсифицируют разрушение материала заготовки), *упрочняющие* (повышают твёрдость и прочность круга), *образующие поры* (выгорают при обжиге круга и оставляют крупные поры).

Воздушные поры круга исполняют функцию стружечных канавок на рабочей поверхности. Они также могут служить каналами для подвода смазочно-охлаждающей жидкости к зоне резания через инструмент.

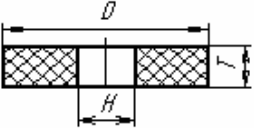
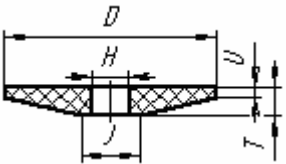
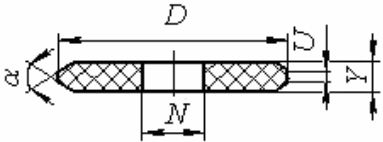
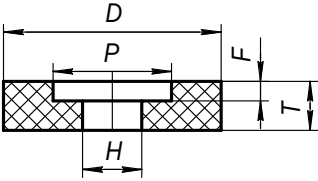
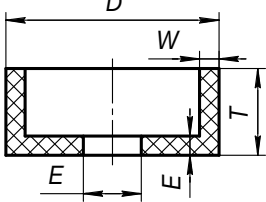
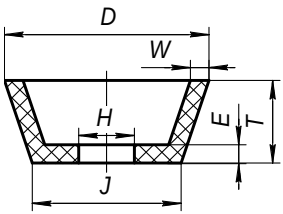
Информация об изготовителе, составе, форме, марке абразивного материала, размерах и свойствах круга (зернистости, твёрдости, структуре круга, его связке и точности) в своей совокупности называется *характеристикой круга*. Характеристику в закодированном виде при диаметре круга более 100 мм маркируют на одной из его поверхностей. Для кругов с диаметрами менее 40 мм маркировку наносят на этикетки, наклеенные на упаковочную тару. На круги диаметром от 40 до 100 мм маркировку наносят в сокращённом виде. На кругах, предназначенных для шлифования с высокими скоростями, дополнительно наносят цветные полосы на торце круга: *жёлтую* — для скорости 60 м/с; *красную* — для скорости 80 м/с; *зелёную* — для скорости 100 м/с; *зелёную и синюю* — для скорости 125 м/с.

Круги с разными характеристиками обладают разными эксплуатационными свойствами. Правильный выбор круга является необходимым условием успешного шлифования.

Тип круга. В ГОСТ 2424-83 предусмотрено 18 типов кругов, согласующихся с международными стандартами. В таблице 1.22 показаны основные типы кругов, обозначения их размеров и области применения. Выбор типа и размеров круга зависит от формы заготовки и шлифуемой поверхности, типа и модели станка.

Таблица 1.22

Примеры абразивных кругов разных форм

Форма круга		Вид шлифования
Эскиз	Название	
	Круг прямого профиля	Круглое наружное, бесцентровое, внутреннее, плоское.
	Круг с коническим профилем	Зубошлифование, заточка режущего инструмента.
	Круг с двухсторонним коническим профилем	Резьбошлифование.
	Круг прямого профиля с односторонней выточкой	Круглое наружное, бесцентровое, внутреннее, плоское.
	Круг чашечный цилиндрический	Плоское, торцовое.
	Круг чашечный конический	Плоское, торцовое, заточка режущих инструментов.

Форма круга		Вид шлифования
Эскиз	Название	
	Круг тарельчатый	Зубофрезерование, заточка режущих инструментов.

Материал абразивных зёрен. Для производства зёрен шлифовальных кругов используют:

- традиционные абразивы – электрокорунд и карбид кремния;
- микрокристаллический корунд, полученный по специальной химической технологии;
- сверхтвёрдые материалы – алмаз и кубический нитрид бора (эльбор). Круги с алмазными и эльборовыми зёрнами отличаются по типу и формам от кругов, представленных в таблице 1.22. Они также имеют иные, чем круги с традиционными абразивами, обозначения.

Материал абразивных зёрен выбирают в зависимости от вида, марки, свойств обрабатываемого материала и от вида операции шлифования: черновая, чистовая или отделочная.

Электрокорунд. Основу электрокорунда, выплавляемого в электропечах, составляет оксид алюминия Al_2O_3 . Электрокорундовые материалы используют для шлифования всех марок сталей как незакалённых, так и закалённых до высокой твёрдости.

В зависимости от химического состава электрокорунды подразделяют на следующие виды:

электрокорунд нормальный, марки: 14А, 15А, А, НК. Нормальный электрокорунд обладает повышенной прочностью при шлифовании с ударными нагрузками;

электрокорунд белый, марки: 25А, 38А, 42А, 98А, Е. Этот вид электрокорунда химически более чистый, чем нормальный электрокорунд, к тому же он характеризуется более острыми, но более хрупкими зёрнами;

электрокорунд хромистый, марки: 32А, 33А, 34А. Хромистый электрокорунд легирован хромом и выпускается в нескольких разновидностях: розовый (содержание хрома менее 0,5 %, марки 57А, 88А, ЕКd) и рубиновый (содержание хрома 2–3 %, марки 26А, 68А, 86А). Обладает повышенной

ударной прочностью, что позволяет применять его при интенсивных режимах шлифования;

электрокорунд хромтитанистый, выпускаемый с марками 92А, 95А, легирован хромом и титаном; этот вид электрокорунда обладает повышенной ударной прочностью и стойкостью по отношению к хромистому электрокорунду;

электрокорунд циркониевый, марки: 28А, ZF, ZS. Прочность легированного цирконием электрокорунда в 5–10 раз больше, чем прочность других видов электрокорундов. Круги из этого материала применяют при силовом обдирочном шлифовании проката, отливок, поковок;

монокорунд, марки: 43А, 44А, 45А, 29, 67А. Зёрна монокорунда отличаются по форме от других видов электрокорунда тем, что представляют собой монокристаллы с гладкими гранями и острыми вершинами.

Микрокристаллический корунд. Этот вид абразивного материала выпускают с марками SG и «Кубитрон». Зёрна микрокристаллического корунда состоят из субмикрокристаллов с размером менее 1 мкм (для сравнения — зерно электрокорунда состоит из кристаллов с размерами 5–20 мкм). В отличие от электрокорунда износ зёрен микрокристаллического корунда происходит не образованием площадки износа, а выкрашиванием микрокристаллов с образованием новых острых вершинок. Это обеспечивает длительное сохранение высокой режущей способности инструмента и увеличение его стойкости между правками, в 7–9 раз меньший износ круга, более высокую производительность. Вместе с тем, этот материал значительно дороже традиционных электрокорундов.

Карбид кремния SiC является более твёрдым, но и более хрупким абразивным материалом, чем электрокорунд. Его зерна выдерживают меньшие ударные нагрузки, что ограничивает область его применения как по обрабатываемым материалам, так и по режимам шлифования. К разновидностям карбида кремния относят: *зелёный карбид кремния* (марки 64С, С, SC, 37С) и *чёрный карбид кремния* (марки 54С, GC, 1С, 39С). Их различают по цвету материала.

Карбид кремния используют при шлифовании титановых сплавов, твёрдых сплавов, серого чугуна, цветных сплавов на основе меди и алюминия. Шлифование сталей абразивом из карбида кремния возможно лишь при лёгких режимах. Области применения обоих видов карбида кремния

отличаются незначительно: чёрный карбид кремния позволяет шлифовать на более интенсивных режимах, зелёный — обеспечивает меньшую шероховатость поверхности и лучшую режущую способность на менее производительных режимах.

Сверхтвёрдые материалы (суперабразивы). К суперабразивам относят два наиболее твёрдых абразивных материала: алмаз как синтетический (АС), так и природный (А) и *кубический нитрид бора* (второе распространённое название — *эльбор*).

Алмаз является наиболее твёрдым из всех известных материалов, однако имеет низкую теплостойкость ($\sim 650\text{ }^{\circ}\text{C}$) и при высокой температуре в зоне шлифования активно реагирует с железом. Эти недостатки не позволяют эффективно применять алмазные круги для шлифования основного машиностроительного материала — сталей.

Для изготовления шлифовальных кругов используют синтетические алмазы (марки АС4, АС6, АС15, АС20, АС32) и природные алмазы (марки АЗ...А5). Увеличение цифрового индекса в марке означает повышение прочности алмазных зёрен.

В машиностроении алмазные круги применяют в инструментальном производстве для шлифования и заточки твёрдосплавного режущего инструмента, для шлифования твёрдосплавных деталей: пуансонов и матриц, штампов и пресс-форм, прокатных валков, калибров, фильер. Алмазные круги обеспечивают высокие показатели производительности и качества обработанной поверхности при шлифовании технической керамики, твёрдых и хрупких магнитных материалов, чугунов, а также при обработке абразивных инструментов, режущих пластин из композитов на основе кубического нитрида бора и алмаза.

Эльбор (марки ЛО, ЛП, ЛКВ40, ЛКВ50, ЛКВ40М, ЛКВ50М) имеет алмазоподобную кристаллическую решётку, по твёрдости уступает только алмазу. Буква «М» в маркировке абразива означает, что его зёрна металлизированы для лучшего соединения с металлической или органической связкой.

По теплостойкости эльбор вдвое превосходит алмаз. В отличие от алмаза этот материал химически инертен и не взаимодействует с материалом заготовки (сталями и сплавами) при шлифовании. Использование шлифовальных кругов из эльбора способствует значительному повышению

производительности, точности и качества обработанных поверхностей деталей на разных операциях шлифования, позволяет шлифовать сложнолегированные стали (нержавеющие и жаропрочные), твёрдые инструментальные сплавы и быстрорежущие стали, износостойкие покрытия в широком диапазоне режимов шлифования.

Наиболее широко инструменты из эльбора применяют в автомобильной, подшипниковой, авиационной промышленности, в станкостроении и в инструментальном производстве предприятий при изготовлении и заточке инструментов.

Зернистость порошковых абразивных материалов. Под «зернистостью» понимают условное числовое обозначение, характеризующее размер абразивных зёрен основной фракции порошка.

Используемые для изготовления кругов порошковые абразивные материалы по размеру зёрен подразделяют на *фракции* (диапазоны размеров). Фракцию, содержащую наибольшее количество (% по массе) зёрен, называют основной. Абразивные материалы в соответствии с ГОСТ 3647-80 делят на следующие группы: *шлифзерно* — размер зёрен основной фракции находится в пределах от 2000 до 160 мкм (зернистости 200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16); *шлифпорошки* — от 125 до 40 мкм (зернистости 12, 10, 8, 6, 5, 4); *микрошлифпорошки* (в дальнейшем «микропорошки») — от 63 до 3 мкм (зернистости М63, М50, М40, М28, М20, М14, М10, М7, М5, М3).

Числовое значение зернистости шлифовального круга, изготовленного из шлифзёрен и шлифпорошков соответствует максимальному размеру зёрен основной фракции, измеренному в сотых долях миллиметра. Для группы микропорошков это число равно наибольшему размеру частиц основной фракции в микрометрах (на это же указывает индекс «М»). Так, зернистость порошка М20 указывает, что наибольший размер частиц основной фракции составляет 20–14 мкм.

Зернистость алмазных и эльборовых материалов указывают в виде дроби, в которой числитель соответствует наибольшему размеру, а знаменатель — наименьшему размеру зёрен основной фракции в микрометрах.

Выбор зернистости круга осуществляют с учётом толщины снимаемого припуска и требуемой шероховатости. Учитывают также вид используемой связки. Круги зернистостью 63 и более применяют при обдирочном шлифовании и отрезке, при этом особые требования к шероховатости обработанной поверхности не задаются.

В таблице 1.23 приведены данные о взаимосвязи зернистости кругов и шероховатости шлифованных поверхностей деталей, изготовленных из закалённых сталей и обработанных кругами с керамической связкой. Для прецизионного шлифования с получением шероховатости Ra менее 0,12 мкм применяют круги из микропорошков зернистостью M28...M14. При использовании кругов на органической связке зернистость круга увеличивают на один номер. При шлифовании незакалённых сталей и цветных сплавов следует использовать круги на один — два номера зернистости меньше.

Таблица 1.23

Зависимость шероховатости поверхности закалённой стали
от зернистости круга

Параметр шероховатости, Ra , мкм	Зернистость круга
2,5–1,25	50; 40
0,80–0,50	32; 25
0,40–0,30	20; 16
0,30–0,16	12; 10
0,12–0,10	6...M28
0,10–0,08	M28...M14

Твёрдость круга характеризует способность связки удерживать абразивные зёрна от вырывания их с рабочей поверхности круга в процессе шлифования под действием силы резания.

По степени твёрдости различают круги: мягкие (M1, M2, M3); среднемягкие (CM1, CM2); средние (C1, C2); среднетвёрдые (CT1, CT2, CT3); твёрдые (T1, T2); весьма твёрдые (BT1, BT2) и чрезвычайно твёрдые (CT1, CT2).

Твёрдость круга выбирают в зависимости от свойств обрабатываемого материала, припуска на обработку и жёсткости шпиндельного узла станка. При назначении твёрдости учитывают следующее основное правило: чем твёрже обрабатываемый материал, тем мягче должен быть круг. Это правило не распространяется на весьма мягкие и вязкие материалы и сплавы (алюминий, медь, свинец, латунь и др.). Их лучше обрабатывать

мягкими кругами (М1, М2, М3). Рекомендации по выбору твёрдости круга для основных видов шлифовальных работ приведены в таблице 1.24.

Таблица 1.24

Обобщённые рекомендации по выбору твёрдости круга

Вид шлифования	Твёрдость круга
Круглое наружное: врезанием с продольной подачей	С1...СТ1
	СМ2...СТ1
Внутреннее	С1...СТ1
Плоское, периферией круга	М3...СМ2 М2...М3
Зубошлифование: модуль менее 3 мм модуль более 3 мм	М3...СМ2 М2...М3
Резьбошлифование: шаг резьбы: от 0,5 до 1,0 мм свыше 1,0 до 1,5 мм свыше 1,5 до 2,0 мм более 3 мм	СТ1...СТ3 С2...СТ1 СМ2...С2 СМ1...СМ2
Заточка инструмента: из твёрдого сплава: черновая обработка чистовая обработка из быстрорежущей стали: черновая обработка чистовая обработка	М2...СМ1 СМ1...СМ2 М3...СМ1 СМ1...СМ2

Связка шлифовального круга. Назначение связки состоит в соединении зёрен абразивного материала в единое целое тело, сохранение формы круга, удерживание зёрен при шлифовании от вырывания с поверхности круга, предотвращение разрыва круга центробежными силами и силами резания. В производстве шлифовальных кругов используют керамические, органические и металлические связки.

Вид и марку связки выбирают, исходя из назначения операции шлифования, формы и шероховатости обрабатываемой поверхности (профильная, прерывистая), требуемой точности размеров.

Керамические связки обладают высокой прочностью, обеспечивая шлифование при скорости резания до 80 м/с. Связки этой группы характеризуются высокой прочностью их соединения с абразивными зёрнами, поскольку при изготовлении круга образуются химические соединения материалов связки и зёрен. Керамические связки отличаются высокой жёсткостью, что обеспечивает высокую точность размеров и формы изготовленных деталей. Кроме того, они дают возможность изменения пористости круга в широких пределах.

Достоинствами керамических связок являются также устойчивость к воздействию воды и веществ, содержащихся в смазочно-охлаждающей жидкости, низкая склонность к адгезии с обрабатываемым материалом, высокая теплостойкость. Названный комплекс положительных свойств обусловил их широкое применение при обработке заготовок из широкого перечня материалов и для разных видов шлифования.

Негативными свойствами керамических связок являются хрупкость и низкая теплопроводность. Из-за хрупкости керамические связки не рекомендуется использовать при грубом шлифовании поверхностей с неравномерным припуском, при интенсивном шлифовании прерывистых поверхностей, при значительных изгибающих нагрузках, например, при разрезании заготовок тонкими кругами высотой менее 3–4 мм и вышлифовке винтовых стружечных канавок.

Органические связки изготавливают на основе фенольных, эпоксидных, полиамидных смол, а также каучука. В кругах из традиционных абразивов широко применяют бакелитовую, вулканитовую, глифталевою и эпоксиднокаучуковую связки.

Органические связки обладают высокой прочностью. От керамических связок они отличаются упругостью, а в ряде случаев эластичностью. Упругость связок позволяет использовать круги на их основе для грубого шлифования заготовок с неравномерным припуском, а при использовании наиболее эластичных связок (глифталевой, эпоксиднокаучуковой) — для прецизионного шлифования с получением шероховатости Ra до 0,1 мкм. Пористость кругов на органических связках значительно ниже, чем на керамических.

Недостатком органических связок является низкая теплостойкость (180–220 °С) и низкая устойчивость при воздействии воды и щелочей, содержащихся в смазочно-охлаждающей жидкости.

Металлические связки применяют для кругов из сверхтвёрдых абразивных материалов: алмаза и кубического нитрида бора.

Некоторые рекомендации по применению различных групп связок приведены в таблице 1.25.

Таблица 1.25

Связки для изготовления абразивных кругов

Вид, марка связки	Область применения
Керамические: K5, K15, K20 K43 K3, K10	В кругах из электрокорунда.
	В кругах из электрокорунда для высокоскоростного ($v = 60\text{--}80$ м/с) шлифования.
	В кругах из карбида кремния для шлифования со скоростью резания 35 м/с (марка K3) и 45 м/с (марка K10).
Органические: бакелитовая (Б)	Для шлифования заготовок с неравномерным припуском, прерывистых поверхностей, для отрезных кругов (v менее 70 м/с).
вулканитовая (В)	Для отрезных кругов, для прецизионного шлифования, для ведущих кругов при бесцентровом шлифовании (v менее 70 м/с).
глифталева (Гл)	Для прецизионного шлифования с получением шероховатости Ra до 0,1 мкм (v менее 50 м/с).
эпоксидно-каучуковая (Э)	Для прецизионного шлифования цветных сплавов и полимеров.

Структура абразивного инструмента. Структура абразивного инструмента характеризует соотношение объёмов, занимаемых в круге абразивными зёрнами, связкой и порами. Эта характеристика инструмента регламентируется номером структуры. Различают плотные (1–4), средние (5–8), открытые (9–12) и высокопористые (13–18) структуры. Чем выше номер структуры, тем меньше режущих абразивных зёрен находится

на рабочей поверхности инструмента, но тем лучше условия для размещения стружки в его порах и подвода смазочно-охлаждающей жидкости через них к зоне резания. При более открытой структуре создаются благоприятные условия для микрорезания абразивными зёрнами и размещения микростружки, что повышает стойкость абразивного инструмента.

Структуру круга выбирают в зависимости от марки обрабатываемого материала и значения припуска. Выбор номера структуры зависит также от вида шлифования, характера обрабатываемой поверхности и типа связки. Круги на керамической связке изготавливают, в основном, со структурами 5–8; круги на бакелитовой связке — со структурами 1–4. Структуры 5–6 в большинстве случаев используют для круглого наружного и бесцентрового шлифования. Структуры 7–8 реализуют при плоском и внутреннем шлифовании, при шлифовании зубчатых колёс и резьбошлифовании.

Крупнозернистые круги плотных структур (1–4) на бакелитовой и вулканитовой связках применяют при обдирочном шлифовании и отрезке, а также в качестве ведущих кругов для бесцентрового шлифования.

У алмазных кругов и у кругов из кубического нитрида бора структуру определяют относительной процентной концентрацией (25, 50, 75, 100, 125, 150 %), которая характеризует долю объёма абразивного слоя круга, занимаемую алмазными зёрнами или зёрнами эльбора. Например, под стопроцентной концентрацией понимают, что абразивные зёрна занимают всего 25 % объёма алмазосодержащего слоя, а остальной объём приходится на связку, поры и наполнители.

Классы точности шлифовальных кругов. В зависимости от требований к точности размеров и формы кругов из традиционных абразивов в ГОСТ 2424-83 установлены следующие классы точности: АА, А и Б.

Допуски на размер посадочного отверстия, смещение оси отверстия, плоскостность и параллельность торцовых поверхностей для кругов класса АА в 1,3–2,0 раза меньше, чем для кругов класса А, и в 1,5–3,0 раза меньше, чем для кругов класса Б. При использовании более точных кругов время на их правку при установке на станок значительно сокращается.

Для высокоскоростного шлифования ($v = 60$ м/с и более) следует применять только круги класса точности АА.

Для операций шлифования наиболее точных и ответственных деталей следует использовать круги классов точности АА и А. Круги класса Б

используют при шлифовании деталей, к точности и качеству поверхности которых не предъявляют высоких требований.

Примеры маркировки традиционных абразивных и суперабразивных (алмазного и эльборового) кругов показаны на рисунке 1.52.

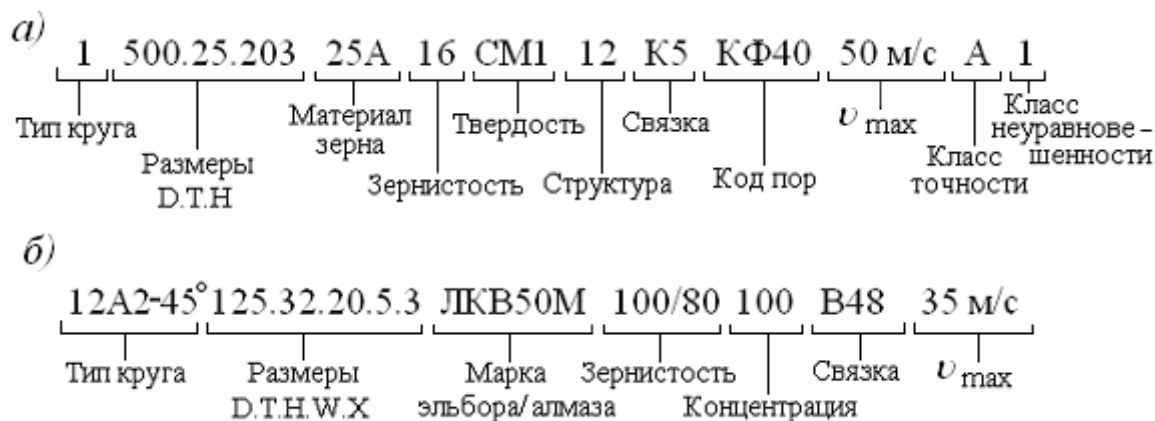


Рис. 1.52. Примеры характеристик кругов: а) — из традиционных абразивов; б) — из суперабразивов (алмазных и эльборовых)

Выбор и расчёт параметров режима плоского шлифования

Скорость резания при шлифовании v , м/с, определяют по формуле:

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

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

Значение продольной подачи выбирают в пределах $S_{np} = 5\text{--}20$ м/мин. Поперечную подачу $S_{поп}$ при черновом шлифовании ($Ra = 1,6\text{--}6,3$ мкм) назначают равной $0,3\text{--}0,7H_{кр}$, а при чистовом шлифовании ($Ra = 0,8\text{--}0,2$ мкм) — $0,2\text{--}0,3H_{кр}$, где $H_{кр}$ — высота шлифовального круга, мм.

При удалении припуска Z , мм, превышающего допустимую глубину резания t , шлифование производят за несколько рабочих ходов. Одним рабочим ходом называют одноразовое шлифование всей обрабатываемой поверхности 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 глубину резания устанавливают в диапазоне значений от 0,005 до 0,02 мм.

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

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

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), осуществляемых с разными режимами резания, то основное время τ_o определяют как сумму времени, затрачиваемого на черновое и на чистовое шлифование.

Содержание работы

Работа включает: изучение устройства и назначения плоскошлифовального станка модели 3Г71М, характеристик шлифовальных кругов, параметров режима шлифования и основ их выбора для конкретных условий работы; выбор характеристики шлифовального круга для заданных условий шлифования, назначение элементов режима плоского шлифования для обработки заготовки по индивидуальному заданию, подготовку отчёта.

Последовательность проведения работы

1. Изучите устройство станка и схему гидропривода продольной подачи стола.
2. Проследите за шлифованием заготовки учебным мастером и определите с помощью профилометра MarSurf PS1 (см. приложение 2) шероховатость поверхности заготовки до и после обработки.
3. Изучите характеристики шлифовальных кругов. По заданию преподавателя расшифруйте марку одного из кругов, расположенных на демонстрационном стенде. Определите его назначение.
4. Получите индивидуальное задание (таблица 1.26) и выполните следующие действия.

Таблица 1.26

Индивидуальные задания

Номер задания	Функция гидропривода	Диаметр круга $D_{кр}$, мм	Размеры обрабатываемой плоскости $\ell \times b$, мм	Припуск, Z, мм	Ra, мкм	Материал и твёрдость заготовки
1	Управление скоростью продольной подачи	150	130 × 65	0,25	3,2	Сталь 45, HB 2200
2	Реверс продольного стола	190	400 × 125	0,30	6,3	СЧ30
3	Ход стола влево	160	75 × 75	0,15	1,6	9ХС, HRC ₃ 60
4	Команда на поперечную подачу	260	350 × 110	0,25	6,3	P12, HRC ₃ 66
5	Продольная подача вручную	120	50 × 30	0,02	0,2	T15K6, HRA 90
6	Регулирование давления в системе	160	100 × 50	0,18	1,6	БрАМц10-2
7	Ход стола вправо	170	170 × 80	0,08	0,8	АЛ1, HB 950
8	Слив масла из левой полости гидроцилиндра	270	360 × 60	0,20	1,6	P9K5, HRC ₃ 65
9	Слив масла из правой полости гидроцилиндра	130	80 × 70	0,04	0,4	KЧ37-12
10	Работа золотника управления	170	250 × 100	0,25	3,2	У10А, HRC ₃ 60
11	Работа золотника реверса	210	130 × 60	0,03	0,2	ВК8, HRA 88
12	Включение продольной подачи	180	210 × 100	0,25	3,2	08Х18Н10Т, HB1900

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 $H_{кр}$ задаёт преподаватель.

4.2. Рассчитайте основное время на шлифование заготовки τ_0 .

4.3. Выберите характеристику шлифовального круга согласно индивидуальному заданию.

Содержание отчёта

1. Название работы.

2. Эскиз изученного по заданию преподавателя шлифовального круга, расшифровка его маркировки, область применения.

3. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (таблица 1.26).

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

4. Изображение заданного участка схемы гидропривода и описание его работы.

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

6. Сведения о режиме шлифования и шероховатости поверхности заготовки до и после шлифования.

7. Выводы по результатам эксперимента.

1.11. ГИБКИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТОКАРНЫЙ МОДУЛЬ НА БАЗЕ СТАНКА С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ МОДЕЛИ 16А20Ф3

Цель работы: знания назначения и устройства гибкого производственного токарного модуля, 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 решении задач повышения эффективности производства, улучшения 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 гибкого автоматического производства координируется многоуровневой системой управления, которая обеспечивает быструю смену технологии изготовления изделия при замене объекта производства.

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

Состав и устройство гибкого токарного модуля

Гибкий токарный модуль, изучаемый в данной работе, является технологическим комплексом, состоящим из отдельных изделий (составных частей): токарного станка 1 с числовым программным управлением модели 16K20Ф3, промышленного робота 5, тактового стола 6, управляющих стоек 2 и 3 (для станка и робота), электрошкафа тактового стола 7 (рис. 1.53). На стойке 3 находится пульт 4 управления движениями робота 5.

Гибкий токарный модуль на базе станка 16A20Ф3 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.

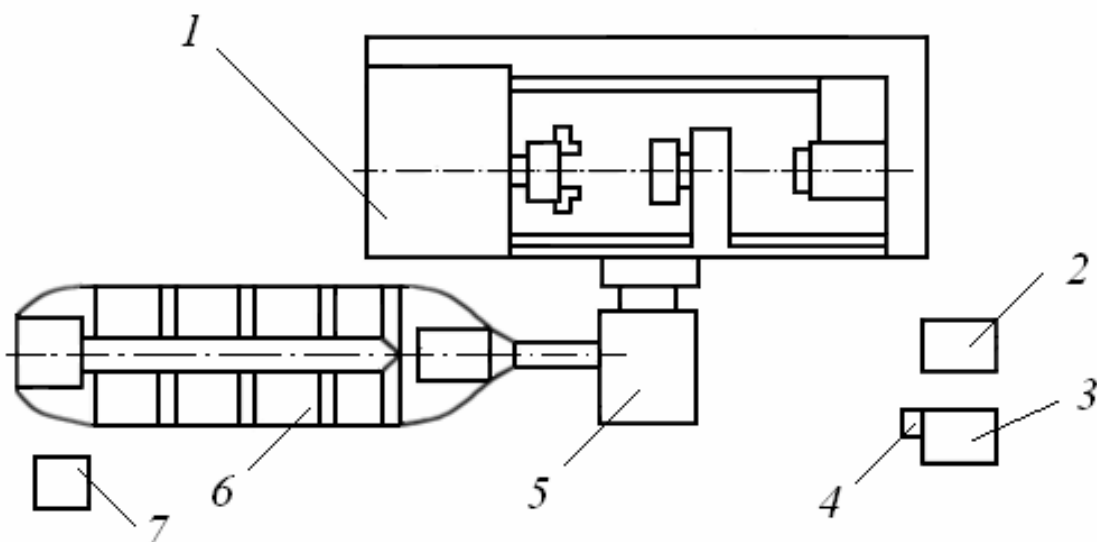


Рис. 1.53. Гибкий производственный токарный модуль

Станок 1, робот 5 и тактовый стол 6 гибкого модуля имеют устройства числового программного управления (ЧПУ). 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 присваивают позиционным системам ЧПУ, индекс Ф3 — контурным, а индекс Ф4 — комбинированным системам ЧПУ.

Позиционные системы ЧПУ (индекс Ф2) обеспечивают поочерёдное 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 (индекс 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 16А20ФЗ.

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 токарного модуля. Модуль выполняет без участия оператора весь автоматический цикл обработки заготовки: перенос её с тактового стола на станок, обработку и возвращение детали на тактовый стол после завершения технологической операции. Далее тактовый стол автоматически подаёт в рабочую зону робота следующую заготовку. Затем цикл повторяется.

Исходной информацией для составления управляющей программы служит технологический эскиз заготовки с указанием размеров её поверхностей до и после обработки, требуемых точности размеров и шероховатости обработанных поверхностей. Составлению управляющей программы должна предшествовать разработка технологической операции. Она включает: выбор способа закрепления заготовки, назначение технологических переходов, выбор для каждого из переходов режущего инструмента, расчёт траектории движения инструмента, привязанной к определённой точке его режущего лезвия, и *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 изменяется направление его движения, форма траектории

движения или скорость рабочего движения. Эти точки траектории на технологическом эскизе обозначают в соответствии с последовательностью движения инструмента арабскими цифрами, начиная с цифры «0». Расчет положения опорных точек траектории движения инструмента производят на основе установления *опорных точек детали* и особенностей конструкции режущих лезвий инструмента. На рисунке 1.54 приведена траектория движения резца при изготовлении ступенчатой поверхности детали, выполненная с допущением, что при вершине резца отсутствует радиус скругления. Эта точка режущего лезвия резца и принята в качестве точки, определяющей траекторию его движения при обработке. В связи с этим опорные точки детали и траектории движения вершины резца приняты на рисунке одинаковыми.

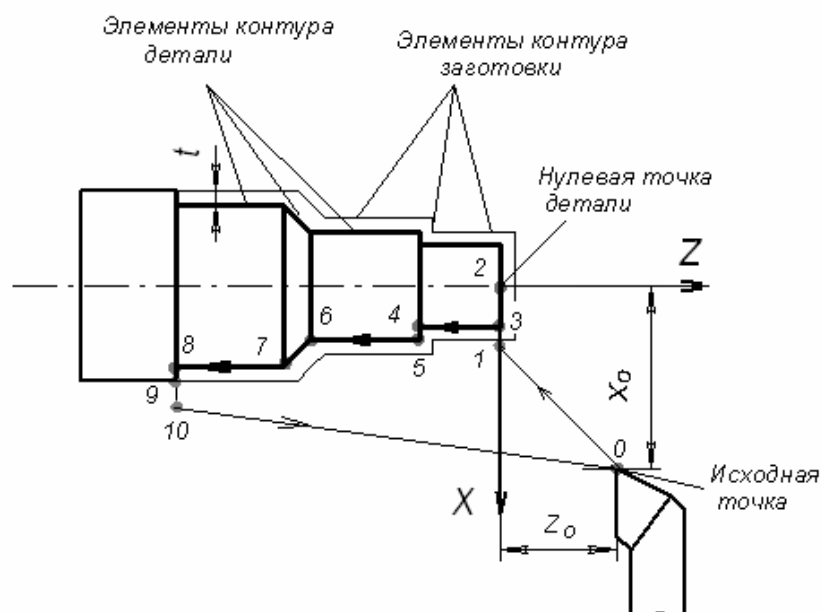


Рис. 1.54. Схема расположения опорных точек траектории движения резца

Для отсчёта перемещений рабочих органов на станке 16А20Ф3 принята система декартовых координат X , Y , Z с началом в точке, называемой *ноль станка*. Для удобства программирования конкретной технологической операции начало координат в управляющей программе отождествляют с обработанным торцом заготовки, называя эту точку на оси Z *нулём 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 расчёт его перемещений

по траектории движения подачи и вспомогательных движений. На технологических эскизах индивидуальных заданий эта исходная точка обозначена цифрой «0».

Устройство токарного станка модели 16А20Ф3

Токарный станок 16А20Ф3 имеет традиционную для токарных станков компоновку (рис. 1.55).

Станок 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, на котором смонтирована станина 2, оборудовано продольным конвейером 14, транспортирующим стружку. На этом же основании установлен промышленный робот. Заготовку закрепляют в патроне 6, снабжённом электромеханическим приводом зажима 3, или в патроне 6 с поджимом 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.

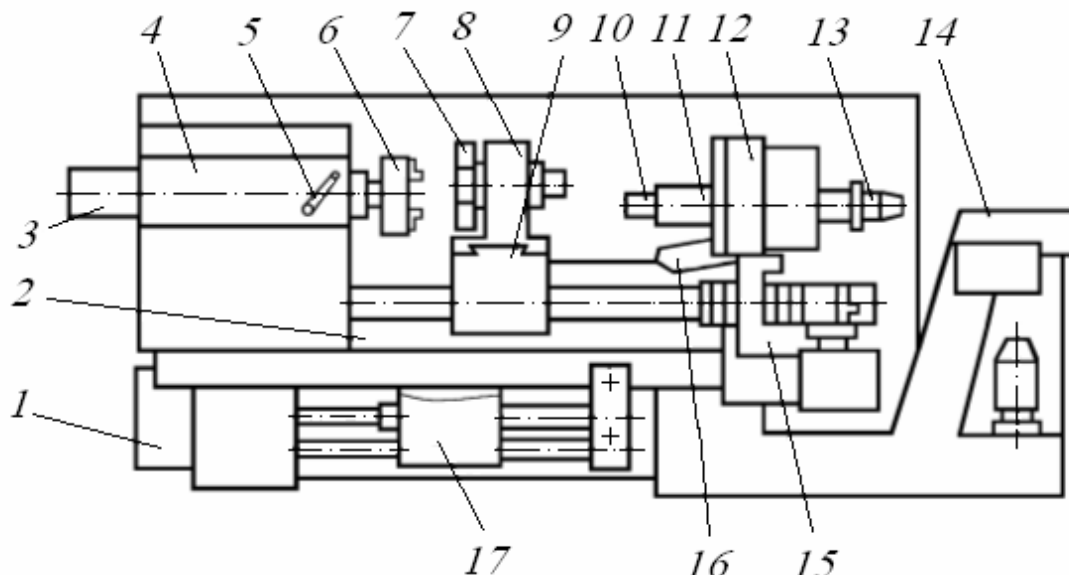
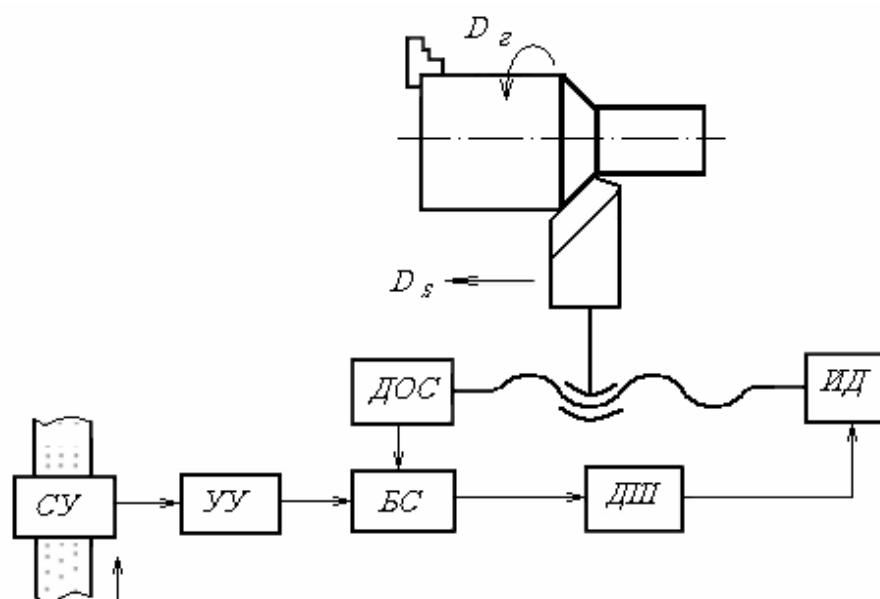


Рис. 1.55. Токарный станок модели 16А20Ф3

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

Продольное и поперечное перемещения суппорта 9 и каретки 8 (ускоренные движения и рабочие движения подачи) осуществляют от автономных исполнительных электродвигателей через передачи качения типа «винт — гайка». Подачи изменяют бесступенчато в диапазоне 0,5–30 мм/мин по командам управляющей программы.

На рисунке 1.56 представлена схема управления движением суппорта по направляющим станины (движение продольной подачи).



181

Сигналы с программоносителя через считывающее устройство *СУ* поступают в устройство управления *УУ*, а затем через блок сравнения *БС*, дешифратор и усилитель *ДУ* 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 гибкого токарного модуля промышленный робот М10П6201 является автоматической многодвигательной машиной (манипулятором), снабжённой ЧПУ (рис. 1.57). 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.

Основными частями робота являются: основание 1, закрепляемое на станине станка; узел 2 поворотов *руки* робота (см. рис. 1.57), блок 3 поворота устройства захвата 4; каретка 5 поступательного перемещения захвата. 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* и *Z*.

Повороты по координатным направлениям *A*, *B*, *C* и перемещения руки робота по осям *Y*, *Z* осуществляют автономными приводами с электродвигателями постоянного тока 6, 7. Для поворотов «руки» (по углу α) предусмотрены пневмодвигатель и фиксатор угловых положений устройства захвата через каждые 90° . На виде сверху (см. рис. 1.57, б) узел 2 поворотов руки робота повернут на 90° .

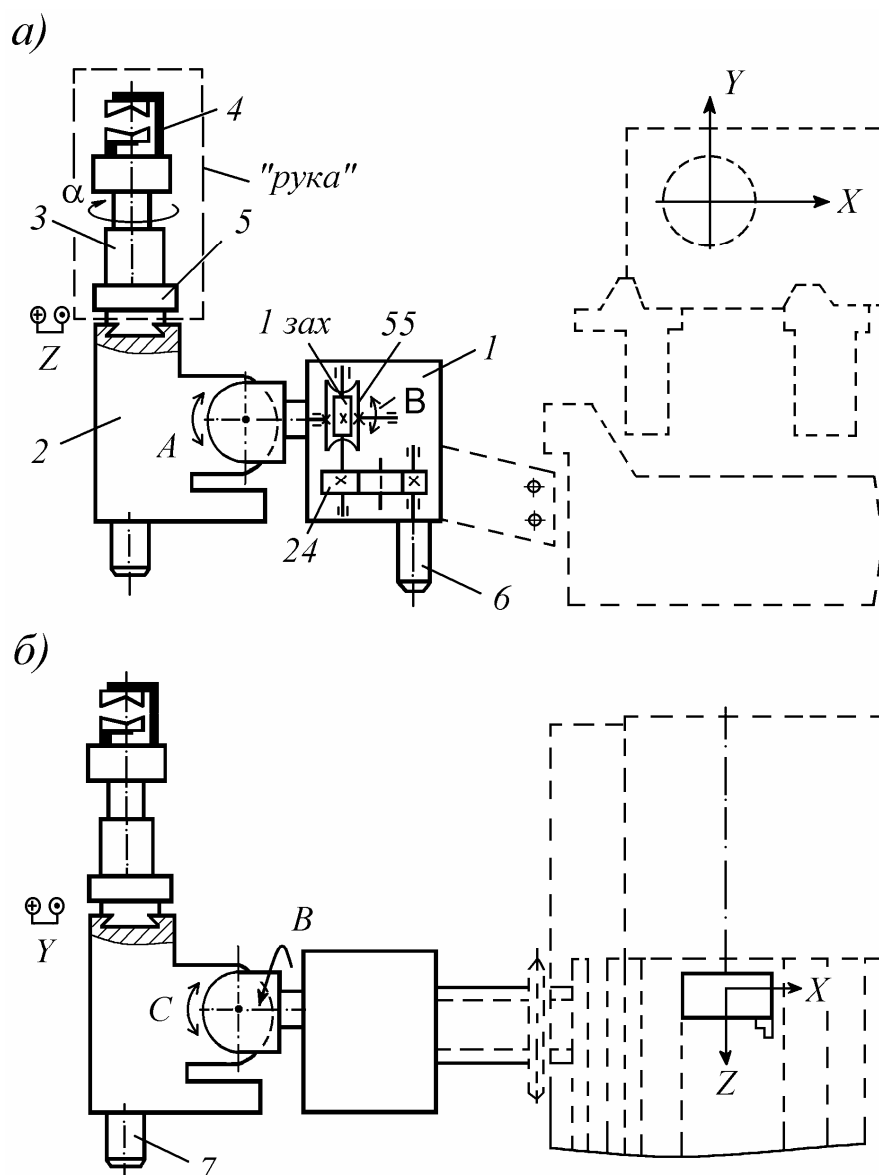


Рис. 1.57. Промышленный робот модели М10П6201

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 трёх 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 последовательности 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 модуля 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 отчёта.

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 для определения времени на обработку заготовки на гибком токарном модуле и выполните по заданию следующие действия (таблица 1.27).

3.1. Составьте и опишите последовательность работы частей и узлов 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 резца на каждом из участков траектории (по примеру рис. 1.54).

3.3. Рассчитайте для каждого обрабатываемого участка заготовки частоту вращения шпинделя, об/мин, по формуле

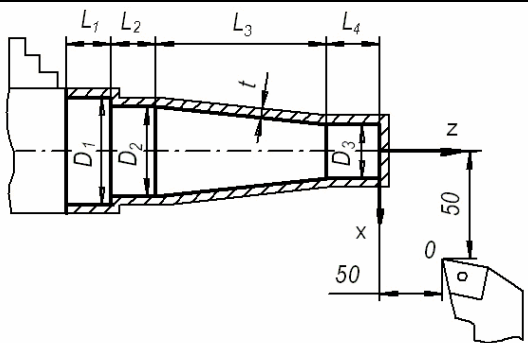
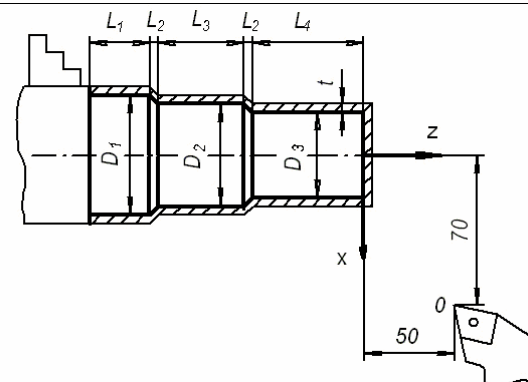
$$n_i = 1000v/\pi D_i, \quad (1.42)$$

где i — участок траектории резца, обозначаемый двумя арабскими цифрами, соответствующими номеру опорных точек начала и конца участка, например, 0–1, 1–2, 2–3, ..., 9–0 (см. рис. 1.54); D_i — диаметр заготовки на i -м участке траектории.

3.4. Определите минутную подачу в мм/мин, для каждого из участков обработки $S_{m_i} = S_o n_i$. Для конических участков заготовки по неизменному

Таблица 1.27

Индивидуальные задания

Но- мер зада- ния	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	v , м/мин	S_0 , мм/об
1		50	40	20	20	20	100	20	2,0	100	0,4
2		50	35	20	40	10	20	10	4,0	40	0,6
3		50	45	25	20	10	20	5	3,0	40	0,8
4		80	60	30	30	15	80	10	1,0	50	0,3
5		40	30	18	30	10	100	10	2,0	60	0,5
6		50	40	30	20	5	20	30	2,0	30	0,3
7		80	55	40	5	8	30	10	3,0	40	0,6
8		70	60	20	10	10	20	35	2,4	80	0,1
9		40	20	15	10	5	15	10	4,0	70	0,2
10		100	90	50	30	2	20	5	2,0	50	0,4

для всех участков обработки значению контурной (суммарной) подачи S_o рассчитайте значения продольной S_{np_i} и поперечной S_{non_i} подач.

3.5. Вычислите основное время τ_{oi} для каждого из участков траектории движения резца, на котором осуществляется обработка, по формуле

$$\tau_{oi} = L_i / S_{mi}, \quad (1.43)$$

где L_i — длина i -го участка траектории движения резца.

3.6. Вычислите вспомогательное время $T_{всп_i}$ для участков подвода и отвода резца, которые резец проходит на ускоренном ходу, приняв, что движения по осям Z и X осуществляются одновременно со скоростями: продольного перемещения $v_{np_i} = 2000$ мм/мин, поперечного перемещения $v_{non_i} = 1000$ мм/мин. Для этого рассчитайте время, необходимое для перевода резца из исходного в конечное положения участка траектории раздельно по каждой координате (Z и X) с учётом значения приращения координаты на i -м участке траектории, по формуле:

$$\tau_i = \ell_i / v, \quad (1.44)$$

где ℓ_i — приращение координаты по оси (Z или X) на i -м участке траектории, v — скорость движения резца в направлении соответствующей оси (v_{np_i} или v_{non_i}). За $\tau_{всп_i}$ примите наибольшее из рассчитанных двух значений τ_i .

3.6. Представьте полученные данные в форме таблицы 1.28.

Таблица 1.28

Расчётные характеристики обработки

Уча- сток траек- тории	L_i , мм	Контур- ная подача, S_o , мм/об	n_i , об/мин	Минутная подача, мм/мин		τ_{oi} , мин	Скорости вспомога- тельных дви- жений резца, мм/мин		$\tau_{всп_i}$, мин
				S_{np_i}	S_{non_i}		v_{np_i}	v_{non_i}	
0–1									
1–2									
...									

3.7. Рассчитайте оперативное время обработки τ_{on} по формуле

$$\tau_{on} = \sum \tau_{oi} + \sum \tau_{вспi} . \quad (1.45)$$

Содержание отчёта

1. Название работы.
2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (таблица 1.27).
Индивидуальное задание: «Установить и записать последовательность работы составных частей токарного производственного модуля при изготовлении детали (по индивидуальному заданию), установить и нарисовать траекторию движения резца, рассчитать по каждому её участку значения элементов режима резания, основное τ_{oi} или вспомогательное время $\tau_{вспi}$ ».
3. Эскиз обработки заготовки в соответствии с индивидуальным заданием (таблица 1.27).
4. Последовательность работы составных частей гибкого токарного модуля при обработке заготовки (по форме таблицы 1.29).

Таблица 1.29

Последовательность работы составных частей
гибкого токарного модуля

№ п/п	Названия составных частей токарного модуля	Действие, выполняемое составной частью модуля
1		
2		
3		
...		

5. Технологический эскиз траектории движения резца с указанием опорных точек траектории (по форме рисунка 1.54).
6. Расчёты, схемы и таблицы, указанные в п. 3 раздела «Порядок проведения работы».

1.12. НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО СТАНКА МАРКИ SURE FIRST МОДЕЛИ ED-203

Цель работы: знания назначения и устройства электроэрозионного станка Sure First ED-203, элементов режима электроэрозионной обработки, содержания и последовательности наладки станка на прошивание отверстий, достижимой точности размеров и шероховатости изготавливаемых поверхностей; умение обработки результатов экспериментов и расчёта по ним технологических характеристик электроэрозионного прошивания отверстий.

Общие сведения

Процесс электроэрозионной обработки основан на явлении электрической эрозии, возникающей при прохождении часто повторяющихся электрических разрядов, создаваемых источником импульсов электрического напряжения, в зазоре δ_m между электродом-инструментом 1 и электродом-заготовкой 2, помещёнными в ванну 3 с диэлектрической жидкостью (рис. 1.58, а).

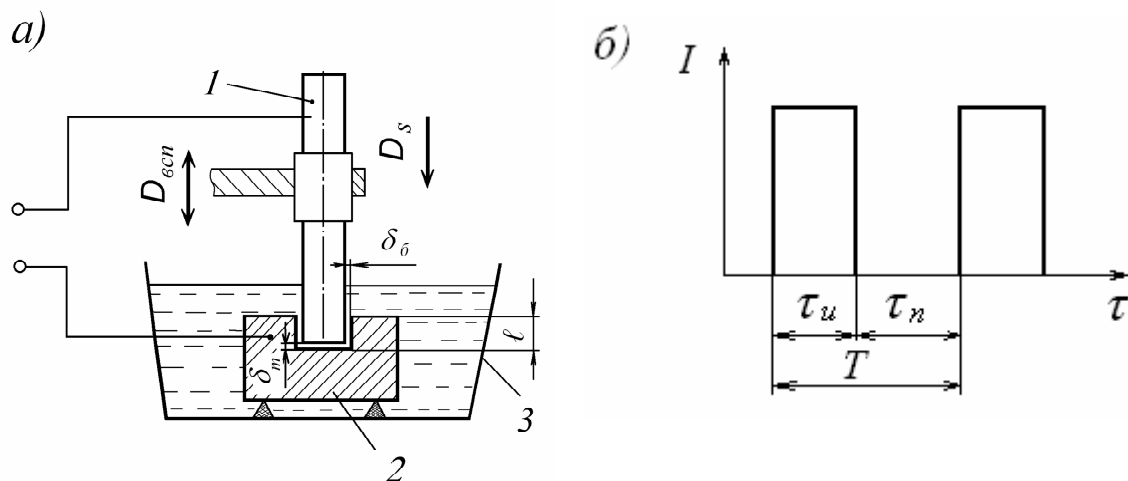


Рис. 1.58. Электроэрозионное прошивание отверстия:

- а) — схема электроэрозионного прошивания отверстия;
б) — форма импульсов электрического тока

Обработка происходит при поступательном движении D_s электрода-инструмента 1 в направлении заготовки 2, неподвижно закреплённой в ванне на столе станка. Когда торцовый зазор δ_m между электродом-инструментом и заготовкой становится меньше предельного, между ними

происходит искровой разряд длительностью $\tau_u = 10^{-3} - 10^{-7}$ с. Так как объём искрового канала очень мал, а мощность импульса тока достаточно велика, температура в зоне обработки может достигать 10000–12000 °С. Поэтому процесс разряда сопровождается интенсивным нагревом, локальным расплавлением металла на поверхностях электрода-инструмента и заготовки и выбросом его из межэлектродного зазора. Выброс расплавленного металла происходит под действием высокого давления, образующегося при тепловом взрыве жидкости в зоне искрового разряда с образованием парового пузырька и последующего его «схлопывания». Большая частота следования разрядов обеспечивает величину общего удельного объёма удаляемого материала достаточную, чтобы использовать данный метод для высокопроизводительной обработки заготовок.

Съём материала происходит преимущественно с одного из электродов, даже если материалы электродов одинаковы. Поэтому заготовку подключают к тому полюсу источника электрических импульсов, на котором эрозия интенсивнее. При малой длительности импульсов $\tau_u = 10^{-5} - 10^{-7}$ с большему тепловому воздействию подвергается анод, поэтому в качестве такового при этом режиме обработки используют заготовку. При длительности импульсов $\tau_u = 10^{-3} - 10^{-4}$ с большему тепловому воздействию подвержен катод. Соответственно, заготовка в этих условиях должна быть катодом.

Подключение заготовки к положительному полюсу источника тока (аноду), а электрода-инструмента к отрицательному полюсу (катоду), называют *прямой полярностью*. Противоположный потенциал на электродах считают *обратной полярностью*.

Для интенсификации электроэрозионной обработки электрод-инструмент периодически поднимают вверх $D_{всп}$ на относительно большие расстояния с последующим подводом в рабочую позицию, что способствует удалению из зоны обработки отходов эрозии электродов.

Основными параметрами импульсов разрядного тока являются: длительность импульсов τ_u , с, (рис. 1.58, б), частота их следования f , Гц, скважность q и энергия импульса W_u , Дж. Импульсы следуют друг за другом с определённой периодичностью, характеризуемой длительностью паузы τ_n и периодом $T = \tau_u + \tau_n$.

Частота следования импульсов f , Гц, обратно пропорциональна их периоду и определяется в зависимости от заданных длительности импульсов и пауз между ними по формуле

$$f = 1/(\tau_u + \tau_n). \quad (1.46)$$

Скважность импульсов q — параметр режима электроэрозионной обработки, характеризующий соотношение периода импульсного процесса T и длительности импульса τ_u :

$$q = T/\tau_u. \quad (1.47)$$

Энергия импульса W_u , Дж, определяется как произведение средней силы тока в межэлектродном промежутке I_{cp} , А, на среднее напряжение U_{cp} , В, на электродах и длительность импульса τ_u , с. Рассчитывают энергию импульса по формуле

$$W_u = I_{cp} U_{cp} \tau_u. \quad (1.48)$$

При электроэрозионной обработке охватываемые размеры обрабатываемого контура заготовки получаются больше, а охватываемые — меньше, чем размеры электрода-инструмента (см. рис. 1.58, *a*) на величину бокового межэлектродного зазора δ_b , изменяющегося в зависимости от режима обработки в широком диапазоне значений: от 0,02 до 0,8 мм. Это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании размеров электрода-инструмента и выборе режима обработки.

В процессе электроэрозионной обработки электрод-инструмент изнашивается, что приводит к погрешностям формы и размеров получаемых поверхностей. При прошивке сквозных отверстий эта погрешность может не влиять на точность формируемого размера диаметра, так как отверстие в конце обработки калибруется неизношенной частью инструмента. При обработке несквозных полостей искажённая вследствие износа форма электрода-инструмента копируется на заготовке. Поэтому при необходимости получения точных размеров полости последовательно применяют черновую, получистовую и чистовую обработку заготовки, для чего требуется иметь набор электродов с разными размерами и при переходе от чернового этапа к чистовому этапу провести смену не только электрода-инструмента, но и режима обработки.

Электроэрозионной обработке подвергаются только электропроводные материалы. Производительность и качество обработки практически не зависят от таких механических характеристик материала заготовки как твёрдость, предел прочности, предел текучести. Поэтому методом электроэрозионной обработки можно эффективно обрабатывать заготовки,

подвергнутые различным видам упрочнения, металлокерамические твёрдые сплавы, труднообрабатываемые металлы и их сплавы.

Точность изготовления размеров деталей при электроэрозионной обработке во многом зависит от установленных полярностей электрода-инструмента и заготовки, а также режима обработки. При прямой полярности с $\tau_{\text{и}} = 10^{-5} - 10^{-7}$ с достигается точность размеров по 5–7-му квалитетам точности. При прошивании сквозных отверстий на этих режимах погрешности обработки не превышают 0,03–0,05 мм, а на прецизионных станках даже 0,01–0,02 мм. При обработке полостей погрешности обработки в этих условиях находятся в пределах 0,03–0,1 мм. Шероховатость поверхности на чистовых режимах обработки достигает по параметру Ra 1,25 мкм.

На обратной полярности с использованием $\tau_{\text{и}} = 10^{-3} - 10^{-4}$ с точность размеров соответствует 9–14-му квалитетам точности. Этот режим характеризуется высокой производительностью, значительной высотой микронеровностей, а потому используется для черновой обработки заготовок.

Назначение станка Sure First модели ED-203

Электроэрозионный станок модели Sure First ED-203 предназначен для получения полостей и отверстий в заготовках массой до 300 кг с максимальными габаритными размерами 500 × 250 × 220 мм (длина, ширина, высота) из материалов, проводящих электрический ток.

На данном станке имеется возможность широко варьировать режимы обработки и изменять полярности электродов, что позволяет осуществлять черновую обработку, обеспечивающую производительность съёма материала до 500 мм³/мин, и чистовую обработку, обеспечивающую 6–7-ой квалитеты точности и шероховатость поверхности Ra не ниже 1,25 мкм.

На станке можно выполнять такие операции, как:

- прорезание узких пазов шириной от 0,15 мм и более;
- координатное прошивание цилиндрических отверстий в труднообрабатываемых резанием материалах с обеспечением точности межосевого расстояния сопряжённых отверстий до 0,03–0,05 мм;
- получение отверстий относительно большого диаметра методом кольцевой прошивки;

- вырезание профильных заготовок из листового материала, разрезание пластинок из твёрдых сплавов;
- извлечение сломанного инструмента из обрабатываемой заготовки;
- обработку сложных поверхностей штампов;
- нанесение изображений на клейма и другие изделия.

Устройство станка Sure First ED-203

Внешний вид электроэрозионного станка Sure First ED-203 с указанием его основных узлов представлен на рисунке 1.59.

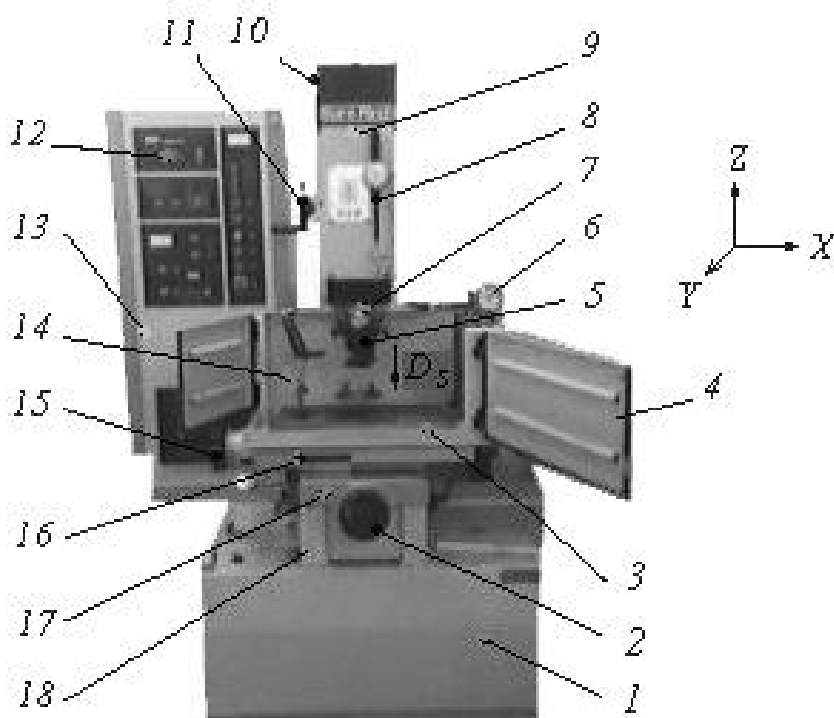


Рис. 1.59. Электроэрозионный станок модели Sure First ED-203

Станок устанавливается на фундамент основанием 1, внутри которого расположен бак с диэлектрической жидкостью ёмкостью 260 литров. На основании станка смонтирована станина 18 с вертикальной колонной 10 и электрошкаф 13 с панелью управления 12. На вертикальных направляющих колонны 10 установлена шпиндельная бабка 9, перемещаемая по направляющим колонны с помощью маховичка 11. Внутри шпиндельной бабки расположена выдвижная пиноль 7, имеющая возможность автоматического перемещения вверх и вниз с помощью кнопок пульта управления, расположенного на правой стороне шпиндельной бабки (на рисунке пульт не показан). На торцевой части пиноли закреплён патрон 5 для установки

электрода-инструмента. Электрод-инструмент при обработке с помощью серводвигателя постоянного тока, размещённого в шпиндельной бабке, совершает движение вертикальной подачи D_s .

На верхних направляющих станины 18 расположены поперечные 17 и продольные 16 салазки. Они обеспечивают перемещение заготовки, закрепляемой на рабочем столе станка 3 с помощью маховичков 2 и 15 соответственно по взаимно перпендикулярным направлениям X и Y . Цена деления лимбов поперечного и продольного перемещения салазок равна 0,01 мм.

Рабочий стол 3, имеющий габаритные размеры 500 × 250 мм (длина, ширина), размещён в рабочей ванне 14 с открывающейся створкой 4. В ванну насосом закачивается диэлектрическая жидкость. Подача жидкости в ванну 14 осуществляется через штуцер, подсоединённый к гидравлической системе станка.

В ванне станка смонтировано устройство для регулирования уровня диэлектрической жидкости, который при обработке должен быть выше обрабатываемой поверхности заготовки на 30...50 мм. Установку уровня диэлектрика осуществляют при наладке станка, исходя из высоты системы «приспособление — заготовка». Давление подаваемой в ванну жидкости можно контролировать по манометру 6 и регулировать при помощи специального клапана. Для контроля температуры диэлектрической жидкости используется устройство, которое автоматически отключает питание станка при температуре 55 °С.

Точность и качество выполненных на электроэрозионном станке работ в значительной степени зависят от точности установки и надёжности закрепления электрода-инструмента. Для реализации этих задач на станке предусмотрен патрон 5 (см. рис. 1.59), устанавливаемый в пиноль шпиндельной бабки. Патрон обеспечивает закреплённому в нём электроду-инструменту отклоняться от вертикальной оси на угол $\pm 10^\circ$ с помощью регулировочных винтов. Нижняя часть корпуса патрона может поворачиваться вокруг вертикальной оси и фиксировать малый патрон, а вместе с ним и электрод-инструмент в необходимом положении при выверке последнего. Более детально устройство и наладка патрона при установке электрода-инструмента будут рассмотрены в разделе «Наладка электроэрозионного станка Sure First ED-203 на прошивание отверстия».

Физическая модель электроэрозионной обработки характеризуется сложными, многоэтапными процессами, происходящими на электродах и в межэлектродном промежутке. В первую очередь, к таким процессам относят съём материала с обрабатываемой поверхности заготовки и удаление образовавшихся отходов (шлама) из зоны обработки. Скорости протекания этих процессов и время их прохождения должны быть строго согласованы между собой. Нарушение согласования приводит к неустойчивости всего процесса электроэрозионной обработки из-за загрязнения зоны обработки отходами или к снижению производительности съёма материала.

Для реализации этого требования на станке Sure First ED- 203 специальной следящей системой проводится сбор информации о состоянии рабочей зоны и на её основе осуществляется адаптивное управление электрическими и гидравлическими режимами работы станка с помощью сервопривода (следящего привода). Сервопривод станка Sure First ED-203 обеспечивает примерное постоянство в работе межэлектродного торцового зазора δ_m , называемого управляемым параметром. Величина зазора существенно изменяется только в моменты периодического подъёма электрода-инструмента $D_{всп}$ (см. рис. 1.58, *a*) на расстояния от 0,5 до 15 мм с последующим подводом его в рабочую позицию, что обеспечивает интенсификацию удаления из зоны обработки продуктов эрозии электродов.

Важнейшим элементом сервопривода станка Sure First ED-203 является серводвигатель постоянного тока, обеспечивающий прерывистое поступательное движение электрода-инструмента в направлении движения подачи D_s в момент, когда межэлектродный зазор δ_m выйдет за пределы установленного оптимального диапазона его значений, определяемых режимом обработки.

Панель управления станком Sure First ED-203, расположенная на лицевой стенке электрошкафа 13 (см. рис. 1.59), представлена на рис. 1.60. Обозначенные на ней кнопки и рукоятки имеют следующие назначения:

1 — главный выключатель питания станка: позиция «0» — питание отключено, позиция «1» — питание включено;

2 — кнопка аварийного останова;

3 — кнопка выключения насоса для прокачки диэлектрической жидкости;

4 — кнопка включения насоса для прокачки диэлектрической жидкости;

5 — датчик уровня диэлектрической жидкости в ванне (включён или выключен);

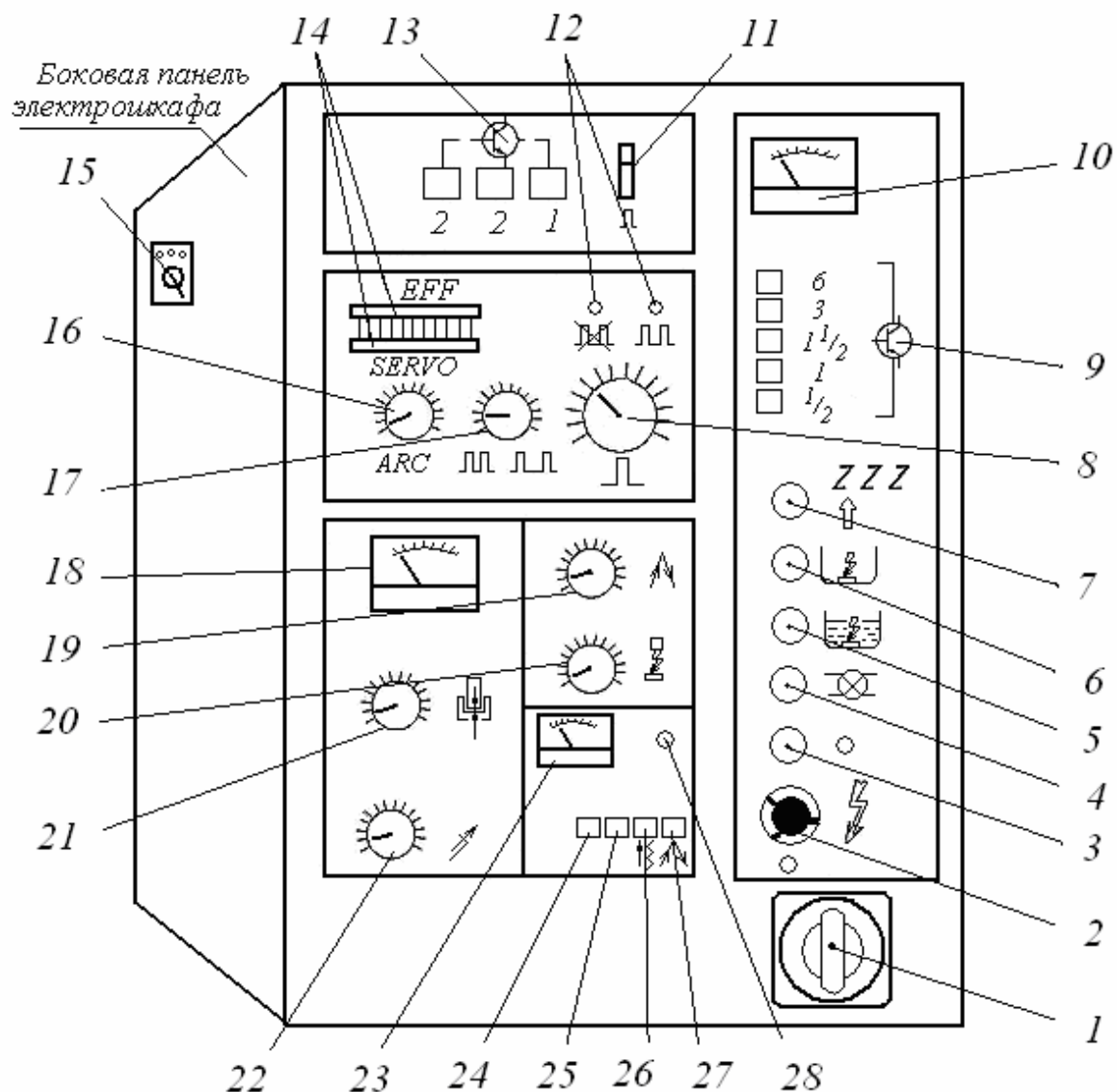


Рис. 1.60. Панель управления станка Sure First ED-203

6 — кнопка датчика контроля разряда. Если кнопка не нажата, то разряд между электродами не образуется до тех пор, пока диэлектрическая жидкость в ванне не дойдет до уровня, необходимого при электроэрозионной обработке с погружением заготовки в диэлектрик. Образование разряда прекратится, если уровень диэлектрической жидкости в процессе обработки станет ниже требуемого положения. При нажатой кнопке разряд в межэлектродном промежутке образуется без погружения электродов в диэлектрическую жидкость;

7 — кнопка (выключатель) контроля автоматического останова. При не нажатой кнопке в тот момент, когда электрод-инструмент достигнет установленной глубины обработки, будет отключено питание разряда. После отключения питания пиноль шпиндельной бабки 8 (см. рис. 1.59) с электродом-инструментом отойдет вверх. При включенной кнопке 7 в момент достижения электродом-инструментом заданной глубины обработки будет полностью отключено питание станка, автоматическое движение подачи электрода-инструмента прекратится, а электрод-инструмент отойдет вверх;

8 — переключатель настройки длительности импульсов $\tau_{и}$, устанавливаемой дискретно по значениям, указанным на шкале, в пределах от 1 мкс до 1200 мкс ($10^{-6} - 1,2 \cdot 10^{-3}$ с).

9 — кнопки установки силы тока I при низком напряжении U (40–60 В) на электродах. Значения силы тока, устанавливаемые при нажатии кнопок с цифрами, указанными на панели управления станка, приведены в таблице 1.30. Требуемое значение силы тока устанавливается нажатием одной или нескольких кнопок. Если ни одна из кнопок не нажата, то используется по умолчанию сила тока равная 0,5 А. Одновременное нажатие нескольких кнопок обеспечивает установку силы тока, равной сумме значений, указанных в таблице 1.30 для каждой из нажатых кнопок, и силы тока при не нажатых кнопках (0,5 А).

Таблица 1.30

Значение силы тока при нажатии кнопок панели для обработки с низким напряжением на электродах

Кнопка	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$	3	6
I_{cp} , А	1,25	2,5	3,75	7,5	15

10 — амперметр средних значений силы тока разряда I_{cp} в межэлектродном промежутке;

11 — переключатель диапазона напряжений U на электродах. Имеет две позиции: диапазон низкого напряжения (40–60 В) и диапазон высокого напряжения (около 300 В). Диапазон высокого напряжения используют для улучшения условий промывки межэлектродного промежутка при обработке и обеспечения стабильности прохождения разрядов;

12 — красный и зелёный светодиоды, указывающие на состояние работы станка и уровень эффективности электроэрозионного съёма материала. При нормальном состоянии работы станка зелёный светодиод (обозначение на панели — ЛЛ) включён. Эффективная обработка и нормальные условия протекания процесса соответствуют выключенному красному светодиоду (обозначение на панели — КК). Мигание этого светодиода указывает на низкую эффективность процесса, вызванную плохим удалением отходов из межэлектродного промежутка или нестабильностью искрового разряда. Включение красного светодиода связано с неисправностью в системе работы станка или наличием контакта заготовки и электрода-инструмента;

13 — кнопки установки высокого напряжения U (до 300 В) на электродах. Силы тока, обеспечиваемые при нажатии кнопок 13, указаны в таблице 1.31.

Таблица 1.31

Значения силы тока, соответствующие нажатым кнопкам
установки высокого напряжения

Кнопка	1	2	2
I_{cp}, A	0,5	1	1

14 — светодиоды, указывающие при обработке в относительных единицах (от 0 до 100 %) уровень частоты разрядов (светодиод *EFF*) и чувствительности следящей системы станка к величине отклонения межэлектродного торцового зазора δ_m от установленного значения (светодиод *SERVO*). Низкий уровень частоты разрядов соответствует большой длительности импульсов τ_u . Установленная при наладке станка величина торцового зазора зависит от принятых электрических параметров режима обработки, в первую очередь, от установленных силы тока I_{cp} и напряжения на электродах U_{cp} . Численное значение торцового зазора δ_m не устанавливается;

15 — переключатель полярности электродов. Имеет три позиции: нулевая, правая — обратная полярность (заготовка — катод), левая позиция — прямая полярность (заготовка — анод).

16 — рукоятка регулировки чувствительности системы к созданию условий для прохождения электрического разряда между электродами. При нормальных условиях обработки эта рукоятка должна быть установлена

в положение «2». Поворот рукоятки по часовой стрелке повышает чувствительность системы к началу образования электрического разряда, что не рекомендуется для чистовой обработки и обработки с силой тока I менее 5 А;

17 — переключатель настройки длительности перерывов между импульсами τ_n ;

18 — вольтметр, указывающий среднее значение напряжения на электродах U_{cp} ;

19 — рукоятка регулировки высоты периодического подъёма электрода-инструмента с целью удаления продуктов эрозии из межэлектродного промежутка и последующего подвода его в рабочую позицию. Высота подъёма может устанавливаться дискретно в диапазоне от 0,5 до 15 мм. Нормальное значение этой высоты находится в пределах 0,5–1,5 мм. Наибольшее значение подъёма электрода-инструмента соответствует положению рукоятки в позиции 1, наименьшее — в позиции 10;

20 — рукоятка регулировки времени периода подъёма и опускания электрода-инструмента (движение $D_{всн}$). Это время устанавливается дискретно в диапазоне от 0,5 до 10 с в соответствии с позициями рукоятки на панели электрошкафа. Напряжение между электродами в период подъёма — опускания устанавливается равным 100 В;

21 — рукоятка установки оптимального по величине искрового разряда в межэлектродном промежутке путём регулировки напряжения на электродах, а, соответственно, величины межэлектродного торцового зазора. Величина зазора при этом не контролируется. В условиях черновой обработки (Ra более 6,3 мкм) используется напряжение U в диапазоне 40–45 В. При чистовой обработке (Ra 3,2–1,25 мкм) напряжение на электродах устанавливают в диапазоне 50–60 В. Контроль напряжения осуществляют по вольтметру 18 в условиях прохождения рабочего процесса при установленном значении средней силы тока;

22 — рукоятка регулировки чувствительности системы к величине отклонения межэлектродного торцового зазора δ_m от оптимального установленного значения. Позволяет сохранить стабильный по величине межэлектродный зазор в процессе обработки, а, соответственно, высокую эффективность процесса. Более высокая, чем оптимальная, чувствительность может стать причиной неустойчивости разряда, а низкая чувствительность

может привести к плохой промывке межэлектродного промежутка и его заполнению продуктами эрозии электродов;

23 — индикатор чувствительности системы к величине отклонения межэлектродного торцового зазора δ_m ;

24 — кнопка включения режима автоматического опускания пиноли шпиндельной бабки 9 (см. рис. 1.63) с электродом-инструментом;

25 — кнопка блокировки пиноли от перемещений при выполнении специальных операций;

26 — кнопка включения быстрого перемещения пиноли шпиндельной бабки. Кнопка нажимается при установке глубины обработки с помощью устройства 8 (см. рис. 1.59);

27 — кнопка включения режима быстрого отвода и подвода электрода-инструмента;

28 — светодиод и зуммер включающиеся в момент контакта заготовки и электрода-инструмента при установке глубины обработки с помощью устройства 8 (см. рис. 1.59).

Параметры режима электроэрозионной обработки и основы их выбора

Режимом электроэрозионной обработки называют совокупность численных значений регулируемых (устанавливаемых при наладке станка) параметров процесса, которые определяют технико-экономические показатели выполнения операции на станке.

Режим электроэрозионного формообразования на станке Sure First ED-203 включает три группы параметров: электрические, механические, гидромеханические.

Электрическими параметрами режима электроэрозионной обработки являются: напряжение на электродах U , их полярность (прямая или обратная), форма и частота прохождения f импульсов, время действия импульсов τ_u и время перерыва между импульсами τ_n , период действия импульсов T , скважность импульсов q , средняя сила тока I_{cp} в межэлектродном промежутке.

Механические параметры обработки включают: скорость подачи электрода-инструмента v_s , межэлектродные зазоры δ (боковой δ_b и торцовый δ_m), частоту и высоту периодического подъёма электрода-инструмента

с последующим подводом его в рабочую позицию для интенсификации удаления из зоны обработки продуктов эрозии электродов.

Гидромеханические параметры режима обработки связаны с прокачкой диэлектрической жидкости через межэлектродный промежуток. В качестве диэлектрических жидкостей на станке Sure First ED-203 используют жидкости марок ESSO, CASTROL, CHEVRON, MENTOR, EDM 71, основу которых составляют жидкие масла и керосин. Диэлектрическая жидкость используется при обработке как охлаждающая среда и как средство стимулирования искрового разряда. Она также вымывает продукты эрозии заготовки и электрода-инструмента из межэлектродного промежутка и образует электрический изолятор между заготовкой и электродом.

Диэлектрические жидкости высокой вязкости используют при черновой обработке, характеризующейся большими межэлектродными зазорами. При чистовой обработке, ставящей целью достижение низкой шероховатости обработанной поверхности и высокой точности размеров, используют диэлектрические жидкости с малой вязкостью.

К гидромеханическим параметрам обработки относят: рабочее давление жидкости, расход диэлектрика, скорость прокачки его через межэлектродный промежуток, температуру диэлектрика. Температура диэлектрической жидкости не должна превышать 55 °С. Если она выходит за этот предел, аварийная сигнализация автоматически выключает станок.

Выбор режима электроэрозионной обработки. Экспериментальными исследованиями в области электроэрозионной обработки выработан ряд зависимостей и практических рекомендаций по выбору режимов обработки, являющихся общими для электроэрозионного метода обработки вне зависимости от применяемого оборудования. Эти зависимости и рекомендации, устанавливающие связь между параметрами режима обработки и технико-экономическими показателями процесса, распространяются и на обработку заготовок на станке Sure First ED-203.

В соответствии с ними на выбор режима электроэрозионной обработки влияют:

— выходные параметры обработки, которыми чаще всего являются максимальная производительность процесса Π_m , кг/мин, при условии получения заданной точности выполнения размеров и шероховатости

200

обработанных поверхностей. Эти технико-технологические требования в своей совокупности или независимо друг от друга чаще всего и принимают в качестве критериев оптимизации режима обработки;

- марка материалов и физические характеристики заготовки и электрода-инструмента;

- площадь S , мм², и глубина обработки ℓ , мм;

- вид и схема обработки;

- схема и параметры прокачки электролита через межэлектродный промежуток.

Приведём далее некоторые общие рекомендации по выбору режима электроэрозионной обработки.

В зависимости от требуемых точности выполнения размеров и значений параметров шероховатости обработанных поверхностей электроэрозионную обработку разделяют на черновую (предварительную), получистовую и чистовую (окончательную). Границы достигаемых при каждом виде обработки требуемых по чертежу параметров в данном случае, как и при других методах обработки, весьма условны. Так, за чистовую обработку принимают обработку, обеспечивающую 6-9-й качества точности размеров и шероховатость поверхности по параметру Ra не более 1,25...3,2 мкм. Черновая обработка, в свою очередь, характеризуется 12–14-м качествами точности и высотой микронеровностей профиля обработанных поверхностей Ra , равной 12,5 мкм и более. При назначении режимов чистовой, получистовой и черновой электроэрозионной обработки придерживаются следующих рекомендаций.

При чистовой электроэрозионной обработке необходимо осуществлять процесс с низкой энергией импульсов W_u , что обеспечивается применением небольших значений средней силы тока I_{cp} и выбором короткого времени действия импульсов τ_u (10^{-5} ... 10^{-7} с) с установкой на электродах прямой полярности. Средняя сила тока по паспортным данным станка Sure First ED-203 может изменяться в весьма широких пределах от 0,5 А до 130 А. Необходимость выбора прямой полярности связана с тем, что при малых длительностях импульсов съём металла происходит преимущественно с анода. Поэтому для обеспечения меньшего износа электрода-инструмента и обеспечения эффективного съёма материала с заготовки

целесообразно применить прямую полярность, при которой заготовка является анодом, а электрод-инструмент — катодом.

При черновой обработке заготовки (Ra более 12,5 мкм) необходимо обеспечить большую производительность процесса. Это требует применения импульсов большой мощности (большие значения средней силы тока I_{cp}) и высокой продолжительности действия τ_u . С увеличением длительности разряда съём металла с катода становится выше, чем с анода. Именно поэтому при черновой обработке целесообразно устанавливать обратную полярность, при которой электрод-инструмент принимают анодом, а заготовку — катодом.

Получистовую обработку проводят, как правило, в режиме обратной полярности со средними по отношению к чистовой и черновой видам обработки значениями плотности тока ρ_I , А/мм².

Еще одной важной характеристикой обрабатываемой заготовки, влияющей на значения параметров режима обработки, является площадь обработки S , мм². Зависимость производительности электроэрозионной обработки от площади обрабатываемой поверхности при постоянной средней силе тока I_{cp} носит экстремальный характер. При малых площадях обработки в межэлектродном зазоре создается обильная парогазовая фаза, которая значительно снижает производительность обработки. Повышение при тех же условиях обработки I_{cp} приводит к уменьшению этой фазы, а соответственно, к повышению производительности съёма материала. Но после достижения некоторого значения площади обработки, являющегося оптимальным в условиях принятых значений других параметров режима, дальнейшее её увеличение приводит к затруднённому удалению продуктов эрозии из межэлектродного промежутка, что вновь начинает снижать производительность обработки. При этом площадь обработки S , при которой достигается экстремум производительности, при изменении средней силы тока меняется также по экстремальной зависимости.

В соответствии с паспортными данными станка рекомендуемые значения силы тока в зависимости от обрабатываемой площади заготовки S можно определить через плотность тока $\rho_I = \frac{I_{cp}}{S}$, А/мм², по таблице 1.32.

Таблица 1.32

Рекомендуемые значения плотности тока

Материал электрода-инструмента	Полярность	Материал заготовки	Плотность тока, ρ_I , А/мм ²	
			Площадь обработки, S , мм ²	
			≤ 1500	> 1500
Медь	Обратная	Сталь	0,03	0,08–0,15
Медно-графитовая композиция	Обратная		0,03–0,08	0,08–0,12
	Прямая		–	0,06–0,18
Медно-вольфрамовая композиция	Обратная	Твёрдый сплав	–	0,05–0,07
	Прямая		–	0,15

Сложные зависимости между производительностью обработки по массе Π_m , кг/мин, с одной стороны, и средней силой тока I_{cp} и площадью обработки S , с другой стороны, находят экспериментально и представляют применительно к каждой модели станка в виде номограмм или таблиц. В ходе таких экспериментов устанавливаются и другие зависимости технико-экономических параметров обработки от выбранного режима, в частности, достигаемые параметры точности обработки, шероховатости поверхности, глубины дефектного слоя и др.

Номограммы и таблицы, позволяющие непосредственно устанавливать оптимальные режимы обработки на электроэрозионном станке Sure First ED-203, отсутствуют. В связи с этим установку режима обработки при изготовлении каждой конкретной детали выполняют в два этапа. На первом этапе проводят установку параметров режима обработки на пульте управления станка, руководствуясь общепринятыми рекомендациями, содержащимися в справочниках, например, в работе [9]. Второй этап содержит действия оператора по отладке режима обработки на основе визуальной и звуковой информации, поступающей с приборов панели управления в процессе изготовления первой детали с выходом на оптимальный режим.

В целом выбор режима обработки при заданных геометрических характеристиках детали и партии изготовления предполагает:

1. Выбор критерия оптимизации: производительности процесса по массе Π_m (или по объёму Π_v), шероховатости поверхности Ra , точности размеров (погрешности обработки).

2. Выбор марки материала электрода-инструмента и диэлектрической жидкости, схемы её поступления в зону обработки.

3. Выбор полярности напряжения на электродах (прямой или обратной).

4. Выбор средней силы тока I_{cp} , А.

5. Определение длительности импульса τ_u как функции заданной шероховатости обработки Ra .

6. Задание времени перерыва между импульсами тока τ_n .

7. Выбор напряжения на электродах U_{cp} , которое обеспечивает оптимальную величину межэлектродного зазора (конкретное значение зазора на приборах не устанавливается). Напряжение, используемое при черновой обработке, может регулироваться в диапазоне 40–45 В, а при чистовой обработке — 50–60 В. Большие значения напряжения на электродах соответствуют более высоким требованиям к точности размеров и шероховатости обработанной поверхности.

8. Выбор высоты и времени подъёма пиноли станка с электродом-инструментом из зоны обработки и возвращения её в исходную позицию. Время отвода – подвода может регулироваться в диапазоне от 0,5 до 10 с.

Большие значения используются для обработки при использовании токов большой силы или при черновой обработке. Более короткое время подъема электрода-инструмента принимается при обработке с использованием токов малой силы (менее 3 А), при чистовой обработке или при прошивке глубоких отверстий. Обычная высота подъёма электрода-инструмента устанавливается в пределах от 0,3 до 1,5 мм.

Наладка электроэрозионного станка Sure First ED-203 на прошивание отверстия

Для осуществления процесса обработки заготовки на электроэрозионном станке Sure First ED-203 необходимо произвести его наладку, т. е. подготовить станок к выполнению заданной технологической операции. Наладка станка на прошивание отверстия включает: установку и закрепление заготовки, определение диаметра электрода-инструмента $d_{эл}$, закрепление,

выверку электрода-инструмента и размерную его наладку (установление в заданную позицию и на заданную глубину обработки); наладку режима обработки и систем обеспечения работы станка. Остановимся далее только на основных из перечисленных процедурах наладки.

Установка и закрепление заготовки

Для установки и закрепления заготовок на станке в единичном и мелкосерийном производствах применяют универсальные приспособления, а в серийном и массовом производствах – специальные приспособления. Перечень универсальных приспособлений, используемых на станке Sure First ED-203, соответствует перечню приспособлений этой группы, применяемых на фрезерных станках и описанных в работе 1.2. К ним относят прихваты, прижимные и опорные планки, машинные тиски, призмы для установки заготовок с цилиндрическими поверхностями, а также патроны различных типов.

Приспособления помимо задачи закрепления заготовки обеспечивают постоянство ориентации каждой из последовательно обрабатываемых заготовок изготавливаемой партии деталей относительно своих базовых поверхностей или поверхностей станка. В связи с этим такие приспособления проектируются применительно к определённой конструкции детали и соответствующего этапа её обработки в рамках технологического процесса.

Расчёт диаметра электрода-инструмента

Номинальный размер электрода-инструмента для прошивания круглого отверстия определяют по формуле

$$d_{эи} = d - 2\delta_{\delta}, \quad (1.49)$$

где $d_{эи}$ — диаметр электрода-инструмента, мм; d — диаметр отверстия, мм; δ_{δ} — боковой межэлектродный зазор, мм.

Экспериментально установлено, что величина бокового зазора δ_{δ} в наибольшей степени зависит от энергии импульса W_u или среднего тока $I_{ср}$ и частоты импульсов f , расхода жидкости через межэлектродный промежуток Q и размеров обрабатываемой поверхности. При заданном электрическом режиме боковой зазор достигает максимума в условиях работы без прокачки диэлектрической жидкости через межэлектродный промежуток и быстро уменьшается с вводом даже незначительной прокачки. Для его

расчёта построены интерполяционные модели [9], приведённые далее в виде формул (1.50) и (1.51), рекомендуемых для расчёта межэлектродных зазоров при прошивании отверстия цилиндрическим электродом-инструментом без принудительной циркуляции рабочей жидкости через зазор.

На чистовых режимах δ_o , мкм, определяется по формуле:

$$\delta_o = k(2,12 + 4,12I_{cp} - 0,0001f + 3,29q + 0,195U_{xx} + 39\rho_I + 0785\ell - 6,5I_{cp}\rho_I - 0,02I_{cp}\ell - 0,008I_{cp}U_{xx}). \quad (1.50)$$

На черновых и получистовых режимах δ_o , мм, равен:

$$\delta_o = k \frac{2,8I_{cp}^{0,377} q^{0,039} (\ln \ell)^{0,25}}{(\ln f)^{1,65} U_{xx}^{0,117} \rho_I^{0,076}}, \quad (1.51)$$

где k — коэффициент, учитывающий сочетания материалов электрода-инструмента и заготовки; для сочетаний медь — сталь 45 $k = 1$, медь — твёрдый сплав $k = 0,5$, углеграфит — сталь 45 $k = 0,7$;

U_{xx} — напряжение холостого хода, В;

f — частота импульсов, Гц;

ρ_I — плотность тока, А/мм²;

ℓ — глубина прошиваемого отверстия (полости), мм (см. рис. 1.58, а).

Установка и выверка электрода-инструмента

Точность и качество выполненных на электроэрозионном станке работ в значительной степени зависят от точности установки электрода-инструмента. С этой целью после закрепления электрода-инструмента в патроне производится его выверка, обеспечивающая перпендикулярность оси электрода-инструмента столу станка. Для закрепления и выверки электрода в конструкции станка предусмотрен специальный патрон (рис. 1.61), устанавливаемый в пиноль шпиндельной бабки. Патрон крепится фланцем 1 к шпинделю станка при помощи болтов 8.

К фланцу патрона присоединен поворотный корпус 2, имеющий возможность поворачиваться вокруг вертикальной оси патрона на угол $\pm 10^\circ$ (движение $D_{всп1}$) с помощью винтов 7. В поворотном корпусе установлен сферический шарнир, обеспечивающий возможность качания закреплённого на нём малого патрона 3, в котором при помощи винта 4 крепится

электрод-инструмент. Четыре винта (поз. 5 и 6) позволяют совершать качание малого патрона в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и фиксировать его в необходимом положении при установке и выверке электрода-инструмента (движения $D_{всп_2}$).

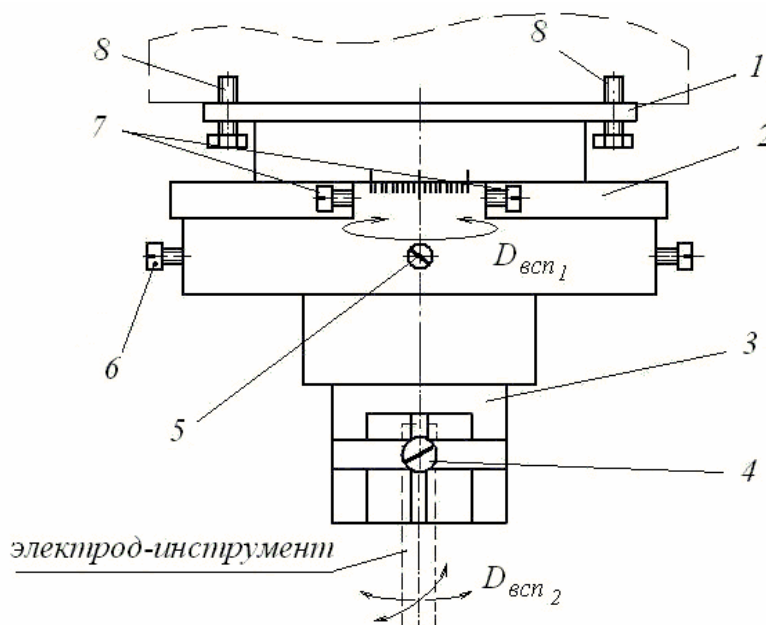


Рис. 1.61. Инструментальный патрон

Наладка электрода-инструмента на заданную глубину прошивки отверстия

Установка глубины прошивания отверстия или глубины полости в заготовке устанавливают на станке с помощью устройства, показанного на рисунке 1.62, которое автоматически отключает движение подачи электрода-инструмента D_s при достижении заданной глубины.

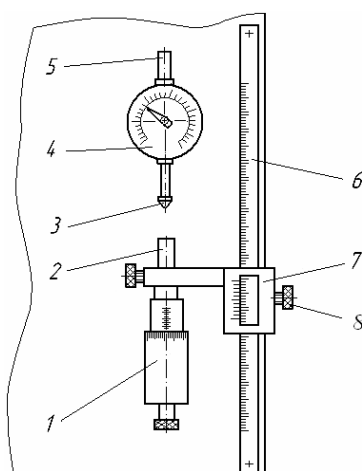


Рис. 1.62. Устройство для установки глубины обработки

Устройство закреплено на шпиндельной бабке 9 (см. рис. 1.59) станка и содержит следующие части: измерительную головку 1 с выдвижным роликом 2, индикатор 4 с наконечником 3, измерительную линейку с делениями 6, движок с нониусной шкалой 7, концевой выключатель 5. Измерительная линейка 6 имеет шкалу от 0 до 200 мм с ценой деления 1 мм, цена деления шкалы нониуса движка 7 равна 0,05 мм.

Для установки с помощью данного устройства заданной глубины обработки отверстия ℓ необходимо:

- ослабить фиксирующий болт 8 движка 7 и отодвинуть движок вниз;
- опустить электрод-инструмент вниз до касания с заготовкой, выполнив следующие действия:

нажать кнопку включения режима быстрого автоматического опускания пиноли шпиндельной бабки 26 (см. рис. 1.60) с электродом-инструментом,

нажать кнопку 2 перемещения пиноли вниз, расположенную на панели с правой стороны шпиндельной бабки, для её быстрого перемещения (рис. 1.63),

выключить выключатель контроля скорости движения пиноли (кнопка 26 на рис. 1.60), когда электрод будет рядом с заготовкой, что обеспечит возможность придания пиноли низкой скорости опускания,

нажать кнопку 2 (рис. 1.63) перемещения пиноли вниз на панели с правой стороны шпиндельной бабки для медленного перемещения пиноли и держать её нажатой до момента касания электрода-инструмента с заготовкой; в момент касания загорается светодиод и включается зуммер;

- поднять движок 7 устройства для задания глубины обработки (рис. 1.62) вверх до упора, перемещая плавно стержнем 2 вверх наконечник 3 индикатора 4;

— установить шкалу индикатора 4 по стрелке на «ноль»;

- переместить стержень 2 измерительной головки вниз на заданную глубину обработки ℓ , производя при этом отсчет перемещения по

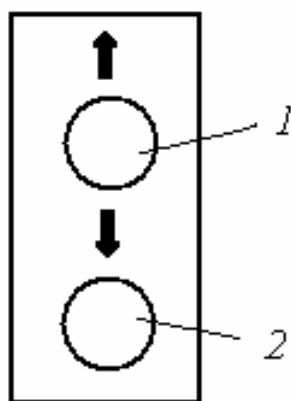


Рис. 1.63. Панель управления перемещением

индикатору 4 с ценой деления 0,01 мм, шкале линейки 6 и нониусу движка 7 или при помощи измерительной головки 1 (цена деления – 0,01 мм);

— закрепить движок 7 на линейке с помощью винта 8 (см. рис. 1.63).

Наладка режима обработки

Наладка режима обработки включает установку выбранных значений параметров режима и их корректировку при изготовлении первой пробной детали.

Перед наладкой режима обработки на станке должны быть выполнены следующие работы:

— установлена и закреплена заготовка на столе станка 3 (см. рис. 1.59);

— проверена работа гидравлической системы;

— ванна для электролита 4 должна быть заполнена до требуемого уровня, при этом кнопка датчика контроля разряда 6 (см. рис. 1.60) не должна быть нажата;

— установлена глубина обработки ℓ ;

— кнопка 7 контроля автоматического останова не должна быть нажата, её следует поставить в положение «OFF»;

— рукоятка 16 определения состояния электрической дуги должна стоять в позиции «2»;

— пиноль с электродом-инструментом должна быть отведена от заготовки с помощью кнопки управления перемещением пиноли 1 (см. рис. 1.63).

После выполнения этих процедур для наладки режима электроэрозионного прошивания нужно выполнить следующие действия.

1. Включить питание станка выключателем 1 (см. рис. 1.60), поставив его в положение «1».

2. Установить полярность напряжения на электродах с помощью переключателя 15.

3. Поставить переключатель диапазонов напряжения на электродах 11 в позицию низкого напряжения.

4. Установить кнопками 9 заданное значение средней силы тока I_{cp} .

5. Установить переключателем 8 длительности импульсов разряда заданное значение τ_u .

6. Установить рукояткой 17 длительность паузы (перерыва) τ_n между импульсами.

7. Поставить рукоятку 21 в позицию, соответствующую выбранному значению низкого напряжения U_{cp} на электродах.

8. Установить рукоятками 19 и 20 величину и время периодического отвода – подвода электрода-инструмента для удаления продуктов эрозии из зоны обработки.

9. Включить электропитание и подвести электрод-инструмент к заготовке.

10. Включить кнопкой 4 прокачку жидкости через ванну.

11. Включить кнопкой 2 (см. рис. 1.63) движение автоматической подачи шпиндельной бабки (электрода-инструмента) и вести визуальный и звуковой контроль хода процесса прошивания по приборам и светодиодам 12 и 14 пульта управления станком.

12. При выявлении нехарактерных шумов, при отсутствии постоянного ровного звука, нестабильности разряда, низкой производительности процесса произвести коррекцию режима обработки с помощью рукояток отвода – подвода электрода-инструмента 19 и 20 и рукоятки установления величины межэлектродного зазора 21.

Содержание работы

Лабораторная работа включает: изучение назначения и устройства электроэрозионного станка марки Sure First модели ED-203, проведение экспериментов по определению технико-экономических показателей электроэрозионного прошивания отверстий; выполнение индивидуального задания и подготовку отчёта.

Порядок проведения работы

1. Изучите назначение и устройство станка.

2. Проследите за наладкой станка к электроэрозионному прошиванию отверстия учебным мастером при следующих исходных условиях обработки:

- материал заготовки – сталь 45, HRC_9 45...48;
- материал электрода-инструмента – медь;
- рабочая жидкость – «Mentor-28» фирмы ESSO;
- температура рабочей жидкости – 20 °C;

— прокачка рабочей жидкости через межэлектродный промежуток не проводится; вымывание продуктов эрозии осуществляется в момент быстрого подъёма электрода инструмента на высоту $h = 2$ мм и времени подъёма – опускания $\tau_h = 2$ с (значения высоты подъёма и времени выдержки могут варьироваться по заданию преподавателя);

— размеры прошиваемого сквозного отверстия: диаметр обработки d , мм (задаётся преподавателем), глубина обработки $\ell = 2,0$ мм.

3. Измерьте фактический диаметр электрода-инструмента $d_{эл}$ микрометром с точностью 0,01 мм. Занесите данные в протокол измерений, приведённый как «Приложение» в разделе «Содержание отчёта».

4. Получите от преподавателя задание на исследование технико-технологических параметров электроэрозионной обработки и нахождению их зависимостей от режима обработки⁴. Задаются значения средней силы тока $I_{ср}$, время действия импульсов τ_u и перерыва между импульсами τ_n , среднее напряжение на электродах $U_{ср}$.

Конкретные значения варьируемого параметра задаёт преподаватель. Задание фиксируется в протоколе измерений.

5. Под руководством учебного мастера установите на станке режим обработки.

6. Проследите за работой учебного мастера по прошиванию трёх отверстий на установленных режимах обработки при принятых постоянных условиях обработки. Зафиксируйте время прошивания по каждому эксперименту τ_{oi} , среднюю силу тока $I_{срi}$ и напряжения $U_{срi}$ по приборам в каждом из экспериментов (i — номер эксперимента). Данные занесите в протокол измерений.

7. Измерьте диаметры прошитых отверстий d_i^o на инструментальном микроскопе с точностью 0,005 мм.

8. Измерьте шероховатость обработанных поверхностей отверстий по параметру Ra с помощью профилометра MarSurf PS1 на специально

⁴ Задание на исследование должно отвечать следующим требованиям:

— из указанных четырёх настраиваемых параметров режима обработки переменным параметром должен быть один (по заданию преподавателя); остальные три параметра в эксперименте, проводимой группой, должны быть постоянными;

— для разных групп значения переменных и постоянных параметров режима обработки должны варьироваться.

подготовленных образцах. Все полученные в экспериментах данные занесите в протокол исследования.

9. Рассчитайте по каждому эксперименту:

— теоретическое значение межэлектродного зазора δ_{oi}^m по формулам (1.50), (1.51) и теоретический номинальный размер отверстия после электроэрозионного прошивания d_i^m , используя формулу (1.49);

— погрешности диаметров изготовленных отверстий

$$\Delta d_i = d_i^m - d_i^\partial; \quad (1.52)$$

— объемную производительность, мм³/мин,

$$P_v = Sb/\tau_o, \quad (1.53)$$

где S — площадь поперечного сечения отверстия, мм²; b — толщина заготовки, мм; τ_o — время прошивания, мин.

— производительность по массе, кг/мин,

$$P_m = 10^{-9} P_v \rho, \quad (1.54)$$

где ρ — плотность материала заготовки, кг/м³;

— энергию импульса W_u , Дж, по формуле (1.48);

— удельный расход электроэнергии, Дж/кг,

$$w_m = 60W_u f / P_m = 60I_{cp} U_{cp} / P_m. \quad (1.55)$$

10. Экспериментально полученные значения межэлектродного зазора δ_o ; сопоставьте со значениями, определёнными по формулам (1.50), (1.51)/

11. Оформите исходные данные, результаты измерений и расчётов по форме таблиц 1.33 и 1.34.

Таблица 1.33

Режим обработки и результаты прошивания отверстий

Номер экспе- римен- та	Режим обработки				Результаты эксперимента			Условия обработки
	I_{cp} , А	τ_u , с	τ_n , с	U_{cp} , В	τ_{oi} , мин	d_i^∂ , мм	Ra_i , мкм	
1								$Ra_{черт}$, мкм $d_{эи}$, мм; h , мм; τ_h , с.
2								
3								

Таблица 1.34

Результаты экспериментов и расчётные данные

№ п/п	Боковой зазор, мм		Диаметр отверстия детали, мм				Ra , мкм	Π_m , кг/мин	Π_v , мм ³ /мин	W_u , Дж	w , Дж/кг
	$\delta_{\bar{b}_i}^m$	$\delta_{\bar{b}_i}^d$	d_i^m	$d_{cp_i}^d$	Δd_i	IT					
1											
2											
3											

12. Постройте графики зависимостей τ_o , Ra , Π_m , W_u , w , $\delta_{\bar{b}}$, Δd от варьируемого в экспериментах параметра режима обработки.

13. Выполните анализ полученных результатов, отметив преимущества и недостатки процесса электроэрозионного прошивания отверстий в сравнении с методами размерной обработки, параметры которых представлены в таблице 1.35.

Таблица 1.35

Характеристики методов обработки отверстий (диаметр 5–10 мм)

Метод обработки	Производи- тельность по массе, Π_m , кг/мин	Удельный рас- ход электро- энергии, w_m , Дж/кг	Шерохо- ватость, Ra , мкм	Точность диаметра отверстия, квалитет
Сверление	0,03–0,1	$1 \cdot 10^5$ – $5 \cdot 10^5$	6,3–12,5	12–14
Электрохи- мическое прошивание	0,001–0,005	$1 \cdot 10^6$ – $2 \cdot 10^6$	2,5–12,5	10–14

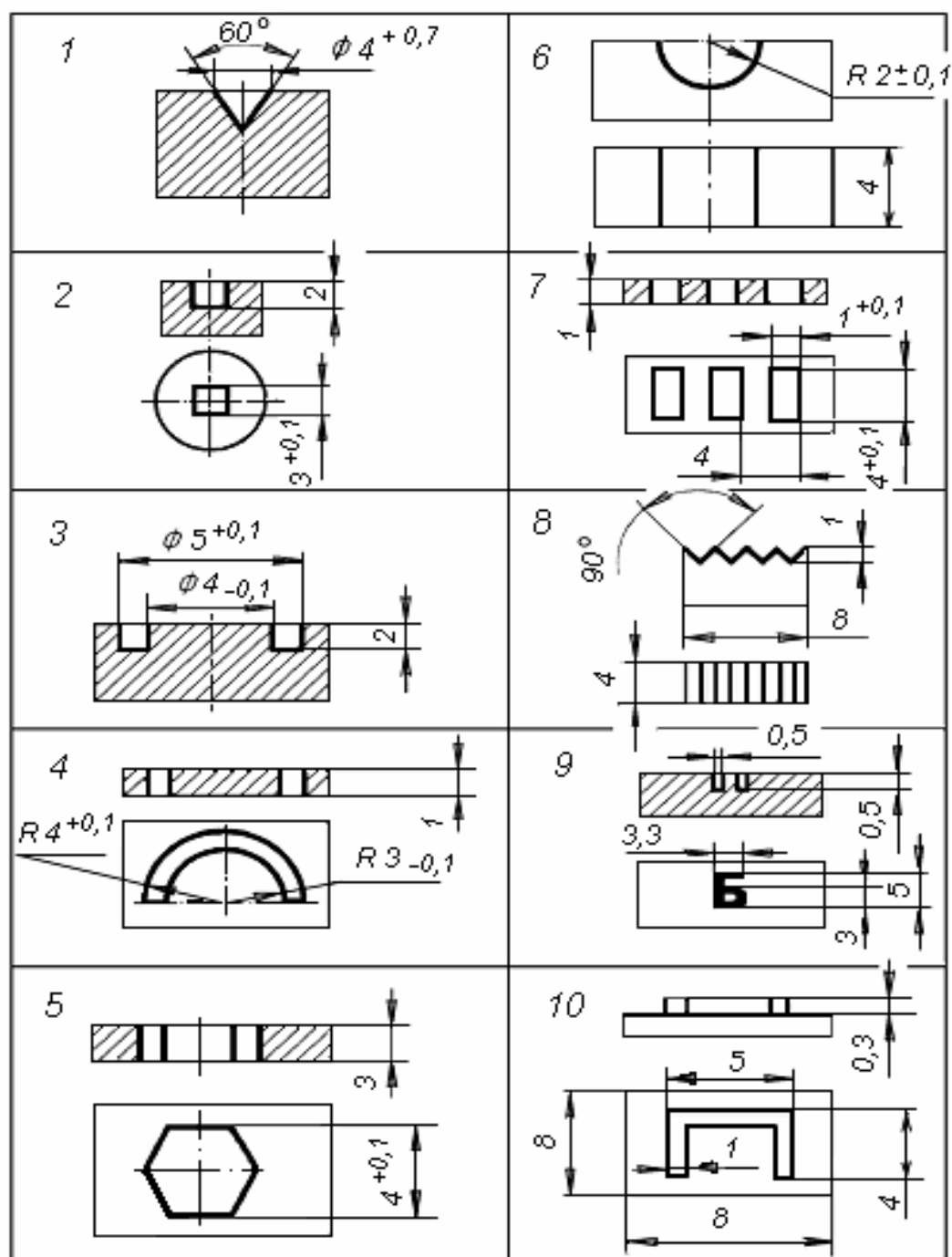
14. Выполните индивидуальное задание в соответствии с данными таблицы 1.36 и содержанием п. 4 следующего раздела и составьте отчёт.

Содержание отчёта

1. Название работы.
2. Техническая характеристика станка: модель, наименование, назначение, достижимые качества точности и параметры шероховатости обработанных поверхностей.

Таблица 1.36

Индивидуальные задания



Примечания. 1. Марка материала заготовки – сталь 45, $HRC_3 = 45 \dots 48$. 2. Плотность материала $\rho = 8700 \text{ кг/м}^3$. 3. Шероховатость поверхности задаётся преподавателем в пределах Ra от 0,63 до 12,5 мкм.

3. Цель и содержание эксперимента.

Содержание эксперимента: «Провести электроэрозионное прошива-
ние отверстий в заготовке, измерить размеры и шероховатость обработанных

поверхностей, рассчитать технико-экономические характеристики процесса».

3.1. Условия проведения эксперимента: модель и наименование станка; материал, форма и диаметр электрода-инструмента, материал, твёрдость и толщина заготовки; марка диэлектрической жидкости, способ подачи диэлектрической жидкости в зону обработки, измерительная оснастка.

3.2. Требования к шероховатости поверхностей отверстия трёх заготовок по параметру Ra в областях чистовой, получистовой и чистовой обработки.

3.3. Выбранные значения параметров режима обработки.

3.4. Результаты экспериментов в виде таблицы 1.33.

3.5. Расчет технико-экономических параметров электроэрозионной обработки и заполнение таблицы 1.34.

3.6. Результаты измерения диаметров и заполнение таблицы 1.34.

3.7. Построение графиков зависимостей, указанных в п. 12 «Последовательность проведения эксперимента (индивидуально каждому студенту с охватом всех указанных в данном пункте графиков).

3.8. Выводы по результатам экспериментов.

4. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (таблица 1.36).

Индивидуальное задание: «Выбрать режим и рассчитать основное время электроэрозионной обработки заготовки».

4.1. Чертёж детали и указанные в задании характеристики процесса.

4.2. Схема электроэрозионной обработки заготовки.

4.3. Режим работы электроэрозионного станка.

4.4. Расчет основного времени обработки τ_0 (используются данные, полученные при проведении эксперимента).

4.5. Эскиз используемого для обработки электрода-инструмента.

5. Приложение. Протокол измерений (по далее приведённой форме).

Приложение

ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЙ

к лабораторной работе «Назначение и устройство электроэрозионного станка марки Sure First модели ED-203»

Группа _____

Дата проведения эксперимента «____» _____ 201__ г.

1. Условия проведения эксперимента

- 1.1. Оборудование: _____
- 1.2. Рабочая среда: _____
- 1.3. Характеристики электрода-инструмента: _____
- 1.4. Материал заготовки: _____
- 1.5. Форма и размеры заготовки: _____
- 1.5. Постоянные элементы режима обработки: _____
- 1.7. Измерительные инструменты и приборы: _____

2. Таблица измерений

Таблица П.1

Результаты измерений экспериментальных образцов

Но- мер экс- пери- мента	Режим обработки					Результаты эксперимента								
	Ra , мкм	I_{cp} , А	τ_u , с	τ_n , с	U_{cp} , В	τ_{oi} , мин	d_{cpi}^{∂} ,мм				Ra_i ,мкм			
							Номер измерения			d_{cp}^{∂}	Номер измерения			Ra_{cp}^{∂}
1														
2														
3														

Студент (студентка) _____

Преподаватель _____

1.13. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПЛОСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗАГОТОВКИ ОТ ПЛОТНОСТИ ТОКА

Цель работы: знания физико-химических основ электрохимической обработки; умение экспериментальным методом устанавливать зависимости технологических характеристик электрохимической обработки заготовки от плотности тока для конкретных условий обработки.

Физико-химические основы электрохимической обработки

В основе электрохимической обработки (ЭХО) лежат окислительно-восстановительные процессы, протекающие на электродах, помещённых в электролит, при пропускании через электролит постоянного электрического тока. В совокупности эти процессы называют *электролизом*. Электролитами при ЭХО являются водные растворы: солей (NaCl , NaNO_3 , Na_2SO_4 , KCl и др.), кислот (HCl , H_2SO_4 , HNO_3 и др.), щёлочей (NaOH , KOH и др.).

В качестве примера далее рассмотрены процессы, проходящие при электролизе в водном растворе хлорной меди CuCl_2 с анодом из меди (рис. 1.64).

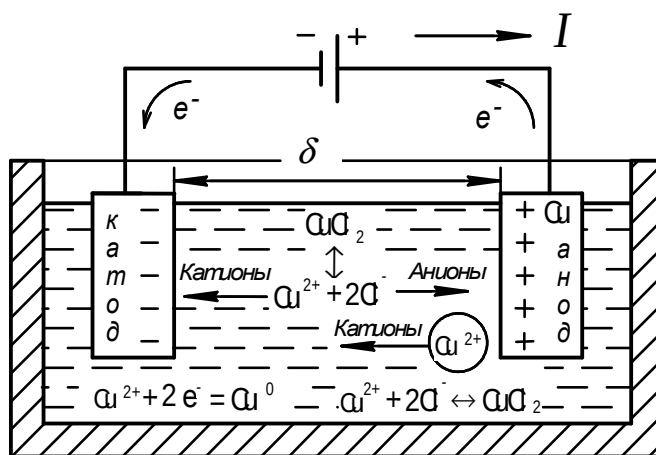


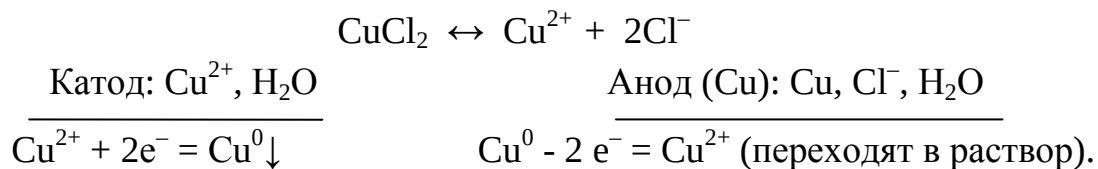
Рис. 1.64. Схема электролиза меди в растворе CuCl_2

В воде молекулы хлорной меди диссоциируют на ионы по следующей схеме: $\text{CuCl}_2 \leftrightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Cl}^-$. При создании на электродах от источника питания разности потенциалов анионы хлора начинают двигаться к аноду, а катионы меди — к катоду. Электрическая цепь (источник питания — электрод-катод — электролит — электрод-анод — источник питания) при этом замыкается.

Источник питания начинает перемещать электроны с анода во внешнюю цепь. Отдав электроны, атомы меди в виде ионов переходят в электролит. Происходит растворение материала анода. Подошедшие к катоду катионы меди присоединяют электроны из внешней цепи и осаждаются в атомарном виде на катоде, формируя покрытие. Фактически происходит перенос атомов меди с анода на катод.

На катоде осуществляется процесс восстановления меди, т. е. присоединения электронов, а на аноде — окисления, т. е. отдача электронов.

В целом электролиз водного раствора CuCl_2 при медном аноде можно представить в виде следующей схемы:



Физико-химические процессы, протекающие при электролизе, легли в основу электрохимических методов обработки заготовок. Так, растворение материала анода стало предпосылкой создания группы методов электрохимической размерной обработки, полирования, комбинированных методов, а осаждение металла на катоде стало основой получения электрохимических покрытий на заготовках.

Процессы, проходящие при электролизе на электродах и в растворе, зависят как от состава электролита, так и от материалов, из которых сделаны электроды. Основные соотношения, описывающие электролиз, установлены и сформулированы в 1833–1834 годах английским учёным М. Фарадеем. Согласно объединённому закону М. Фарадея масса вещества, окисленного на аноде и восстановленного на катоде (m , кг) прямо пропорциональна количеству прошедшего через электролит электричества. Этот закон выражается следующей математической формулой:

$$m = k_{\text{эx}} q = k_{\text{эx}} I \tau, \quad (1.56)$$

где $k_{\text{эx}}$ — электрохимический эквивалент вещества, кг/Кл; q — количество электричества, Кл; I — сила тока, А; τ — время протекания процесса, с. Коэффициент $k_{\text{эx}}$ численно равен массе вещества в килограммах, растворённого (перемещённого с анода на катод) при $I = 1$ А за одну секунду.

Фактическая масса вещества, прореагировавшего при электрохимической обработке на аноде, всегда меньше массы, вычисленной по закону Фарадея. Это объясняется тем, что часть количества электричества тратится на побочные реакции на электродах, образование газов, прохождение вторичных реакций в электролите. Эту разницу оценивают коэффициентом выхода по току k_{η} :

$$k_{\eta} = m_{\phi} / m, \quad (1.57)$$

где m_{ϕ} — фактическая масса растворённого вещества, кг.

Значение k_η для разных процессов варьируется в широких пределах и зависит от условий, при которых реализуется процесс электролиза; загрязнений электролита продуктами реакций, температуры электролита, плотности тока и других параметров процесса.

С учётом значения k_η фактическую массу растворённого при электрохимической обработке металла заготовки m_ϕ , кг, определяют по формуле

$$m_\phi = 60k_\eta k_{\text{эx}} I \tau_o, \quad (1.58)$$

где τ_o — основное время электрохимической обработки, мин.

Ввиду большого числа факторов, влияющих на коэффициент k_η , найти его значение теоретическим путём не удаётся. Поэтому на практике *выход по току* определяют экспериментально через отношение

$$k_\eta = \frac{m_\phi}{m} = \frac{\rho_m S \Delta h}{6 \cdot 10^{10} k_{\text{эx}} I \tau_o}, \quad (1.59)$$

где ρ_m — плотность материала анода, кг/м³; S — площадь анода, подлежащая обработке, мм²; Δh — толщина растворённого слоя металла анода, мм.

Скорость электрохимического растворения v_p в линейных единицах (мм/мин), может быть определена следующим образом:

$$v_p = \frac{\Delta h}{\tau_o} = 6 \cdot 10^{10} k_\eta \frac{k_{\text{эx}} I}{\rho_m S} = 6 \cdot 10^{10} k_\eta \frac{k_{\text{эx}}}{\rho_m} \rho_I, \quad (1.60)$$

где ρ_I — плотность тока, А/мм².

Непосредственные расчеты v_p по формуле (1.60) провести не удаётся, так как с увеличением плотности тока падает значение *выхода по току*. При этом наблюдается рост удельной энергоёмкости процесса, значение которой w_m , Дж/кг, рассчитывают по формуле:

$$w_m = 60 IU \tau_o / m_\phi, \quad (1.61)$$

где U — напряжение на электродах, В.

Из формулы (1.61) следует, что удельная энергоёмкость w_m процесса ЭХО с возрастанием силы тока I увеличивается. Росту w_m способствует ещё и то, что одновременно с ростом силы тока падает *выход по току*.

В лабораторной работе исследуются охарактеризованные выше зависимости технико-технологических характеристик ЭХО от плотности тока $k_\eta = f_1(\rho_I)$, $v_p = f_2(\rho_I)$, $w_m = f_3(\rho_I)$, которые для заданного в работе диапазона режимов электрохимической размерной обработки соответствуют типовым графикам, приведённым на рисунке 1.65.

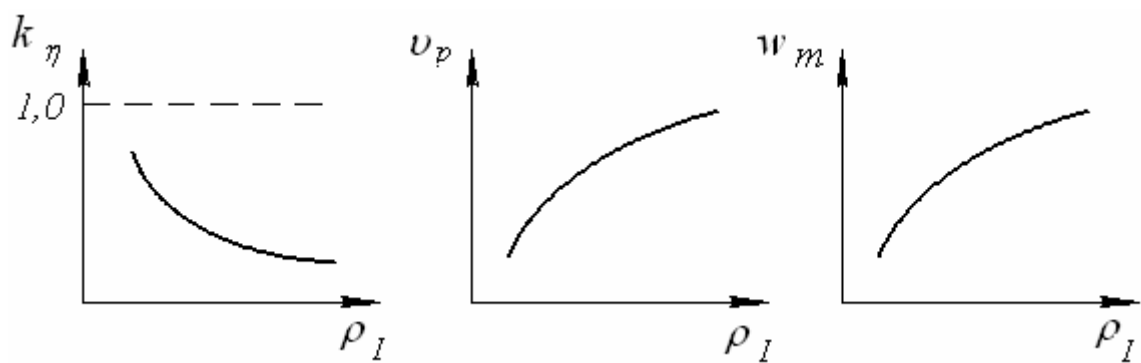


Рис. 1.65. Типовые графики зависимостей параметров электрохимического травления заготовки от плотности тока

Содержание работы

Работа включает изучение технологических характеристик и основных закономерностей электрохимической размерной обработки, проведение эксперимента с построением графиков зависимостей выхода по току, скорости анодного растворения и удельной энергоёмкости электрохимической обработки плоской поверхности заготовки от плотности тока и выполнение индивидуального задания.

Лабораторная установка ЭХТ–97

Эксперименты проводятся на лабораторной установке для электрохимической обработки ЭХТ–97 (рис. 1.66).

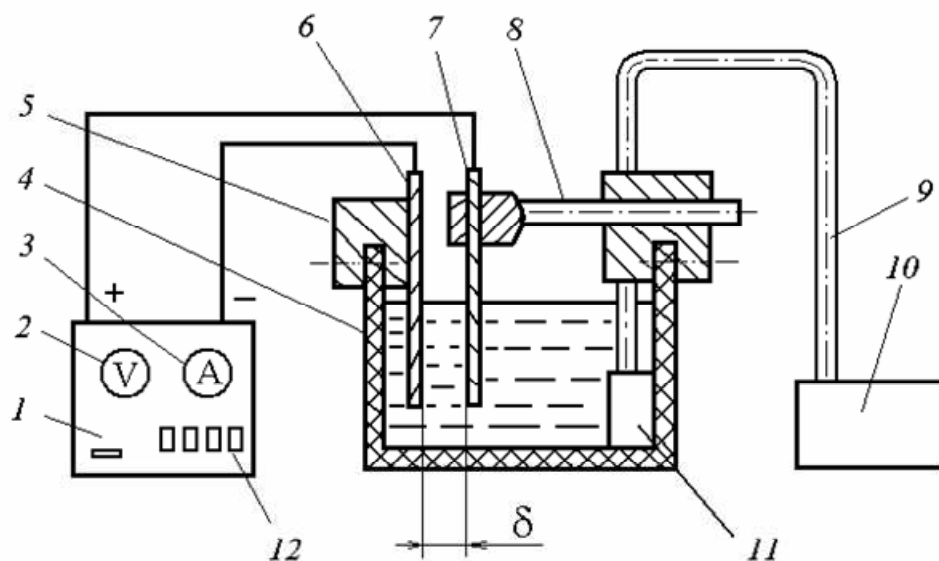


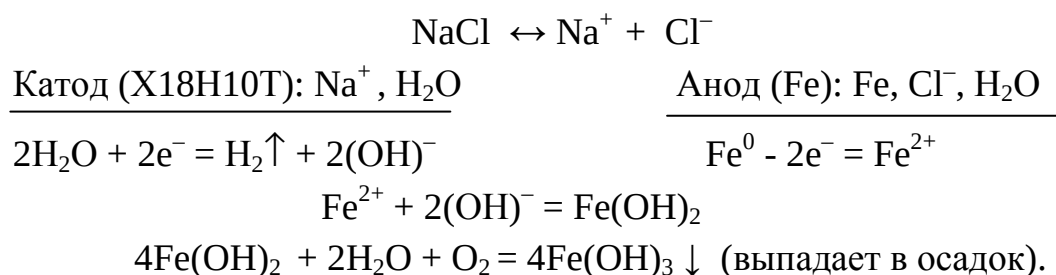
Рис. 1.66. Схема установки ЭХТ–97

Основными частями установки являются ёмкость 4 для электролита, изготовленная из химически стойкого материала, источник тока 1, компрессор 10 и два кронштейна 5 и 8, закреплённые на стенке ёмкости 4. Источник тока 1 снабжён встроенными в него вольтметром 2 и амперметром 3, которые позволяют контролировать ступенчато изменяемые при переключении тумблеров 12 значения силы тока и напряжения на электродах 6 и 7, закреплённых соответственно на кронштейнах 5 и 8.

Ток от источника по гибким шинам подаётся на электроды 6 и 7, выполненные в виде пластин. Пластина 6, являющаяся катодом, изготовлена из нержавеющей стали X18H10T и закреплена при помощи кронштейна 5 на стенке ёмкости 4. Сама ёмкость заполнена 15 % водным раствором хлорида натрия.

Вторая пластина 7, представляющая анод, закреплена на противоположной стенке ёмкости 4 при помощи подвижного кронштейна 8, который даёт возможность изменять межэлектродный зазор δ и скорость анодного растворения материала v_p . Заготовка-анод, подвергаемая обработке, изготовлена в виде пластины из стали 45. Обрабатываемая плоскость пластины перед проведением опыта шлифуется с шероховатостью поверхности по параметру Ra в пределах 0,8–0,4 мкм. Обратная сторона пластины и боковые поверхности для предохранения их от травления покрыты защитным электроизоляционным покрытием — титановой эмалью Т–1.

Далее в виде схемы даны физико-химические процессы электролиза в созданной для проведения эксперимента технологической системе «электролит — электроды» при прохождении через электролит электрического тока.



Из представленных уравнений следует, что на поверхности заготовки-анода, обращённой к катоду, в результате окислительной реакции происходит растворение железа, что и составляет основу обработки плоской поверхности заготовки-анода 7.

Для эффективного удаления продуктов анодного растворения из межэлектродного промежутка электролит перемешивают потоком воздуха, подаваемого в ёмкость 4 по гибкому трубопроводу 9 от компрессора 10. С целью предотвращения образования больших воздушных пузырей и выплёскивания электролита из ёмкости конец трубопровода 9 снабжён рассеивателем пузырей 11.

Последовательность выполнения работы

1. Изучите теоретические основы электрохимической размерной обработки.

2. Ознакомьтесь с устройством и принципом работы лабораторной установки ЭХТ-97.

3. Совместно с преподавателем разберите представленные в начале работы формулы химических реакций, протекающих в технологической системе при электрохимической размерной обработке.

4. Получите у учебного мастера заготовку для эксперимента — пластинку, изготовленную из стали 45.

5. Измерьте штангенциркулем размеры рабочей зоны пластинки, микрометром — толщину h заготовки и профилометром MarSurf PS1 — шероховатость обрабатываемой поверхности по параметру Ra , по три измерения каждого параметра. Полученные значения занесите в таблицу П.1 протокола измерений, форма которого представлена в разделе «Содержание отчета» данной работы.

6. Установите заготовку в ёмкость с электролитом — 15 % водным раствором соли NaCl, выдержав заданное преподавателем значение межэлектродного зазора δ (в пределах 3–10 мм).

7. Проведите обработку заготовки в течение 5 минут при заданном преподавателем значении силы тока I и установившемся значении напряжения U . После травления измерьте толщину образца h и шероховатость поверхности Ra профилометром MarSurf PS1 (см. приложение 2). Результаты измерений занесите в таблицу П.2 протокола измерений.

8. Повторите дважды (в таблице П.2 — эксперименты 2 и 3) на этом же образце перечисленные в пунктах 5, 6, 7 действия, увеличивая каждый раз значение силы тока I , и занесите измеренные данные в таблицу П.2 (эксперименты 2 и 3) протокола измерений.

9. Вычислите значения плотности тока в каждом эксперименте по формуле $\rho_I = I / S$, А/мм²; результаты расчётов занесите в таблицу 1.37.

Таблица 1.37

Результаты расчётов

Номер экспери- мента	ρ_I , А/мм ²	Δh , мм	m_ϕ , кг	k_η	v_p , мм/мин	Π_m , кг/мин	w_m , Дж/кг
1							
2							
3							

10. Рассчитайте и занесите в таблицу 1.37 значения коэффициентов выхода по току для каждого эксперимента. Для этого:

— вычислите толщину Δh удалённого за 5 минут обработки слоя материала по каждому эксперименту по формуле $\Delta h = h_2 - h_1$, в которой индексы 1 и 2 обозначают номера измерений;

— рассчитайте массу m_ϕ , кг, удалённого слоя по формуле:

$$m_\phi = 10^{-9} \rho_m S \Delta h;$$

— используя формулу (1.57) и данные таблицы 1.38, определите значения коэффициента выхода по току k_η .

Таблица 1.38

Плотность и электрохимические эквиваленты некоторых сплавов

№ п/п	Материал	ρ_m , кг/м ³	$k_{\text{эх}}$, 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	Т15К6	11000	$2,75 \cdot 10^{-7}$
5	Т5К10	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	$1,72 \cdot 10^{-7}$

№ п/п	Материал	ρ_m , кг/м ³	$k_{эx}$, кг/Кл
11	ЭИ-893	8800	$2,64 \cdot 10^{-7}$
12	X18H9T	7900	$2,76 \cdot 10^{-7}$
Примечание. В экспериментах используются образцы из стали 45, имеющей $k_{эx} = 2,69 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл, $\rho_m = 7800$ кг/м ³ .			

11. Рассчитайте производительность по массе $\Pi_m = m_{\phi}/\tau_o$, кг/мин, и удельную энергоёмкость процесса обработки w_m , Дж/кг, по формуле (1.61) при различных значениях плотности тока. Результаты расчётов занесите в таблицу 1.37.

12. Постройте графики экспериментально полученных зависимостей анодного выхода по току, скорости анодного растворения и удельной энергоёмкости процесса от плотности тока: $k_{\eta} = f_1(\rho_I)$, $v_P = f_2(\rho_I)$, $w_m = f_3(\rho_I)$. Нанесите на построенные графики типовые графики соответствующих зависимостей, представленные на рисунке 1.65. Охарактеризуйте степень совпадения полученных результатов с теоретическими зависимостями электрохимической обработки заготовок.

13. Постройте график зависимости шероховатости обработанной поверхности заготовки от плотности тока $Ra = f(\rho_I)$.

14. Рассчитайте по предложенным преподавателем параметрам производительность по массе Π_m для процесса концевой фрезеровки заготовки и сопоставьте полученные данные с производительностью электрохимической размерной обработки.

15. Получите у преподавателя индивидуальное задание (таблица 1.39).

Выполните по индивидуальному заданию следующие действия:

— нарисуйте схему обработки заготовки и эскиз рабочей части применяемого электрода-инструмента с необходимыми видами и (или) сечениями;

— рассчитайте площадь поверхности S , подлежащей обработке;

— пользуясь данными, приведёнными в таблице 1.39, определите необходимую для выполнения обработки плотность тока по формуле

$$\rho_I = \frac{v_p \rho_m}{6 \cdot 10^{10} k_{\text{эx}} k_{\eta}}, \text{ А/мм}^2;$$

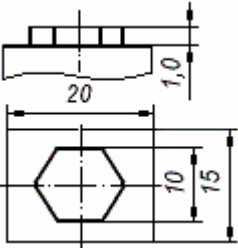
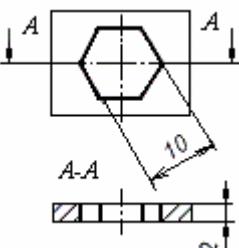
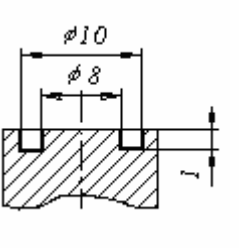
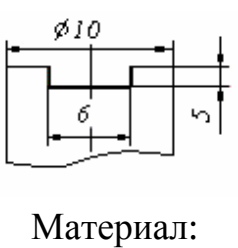
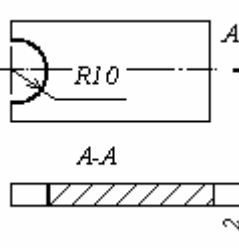
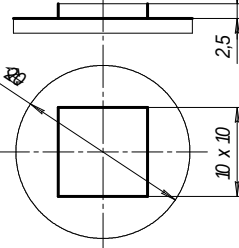
- определите силу тока I , обеспечивающую скорость анодного растворения $v_p = 0,05$ мм/мин, по формуле $I = \rho_I S$; анодный выход по току k_{η} примите равным среднему значению, полученному в экспериментах;
- рассчитайте время τ_o электрохимической обработки заготовки.

Содержание отчёта

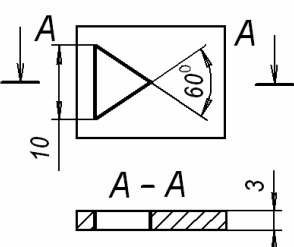
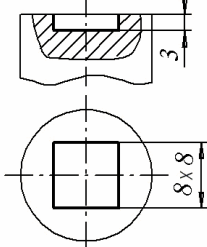
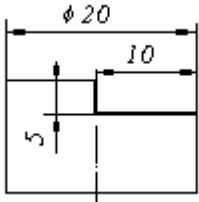
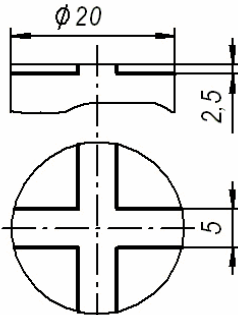
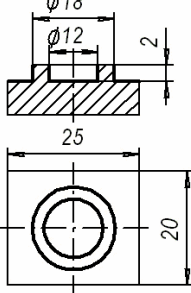
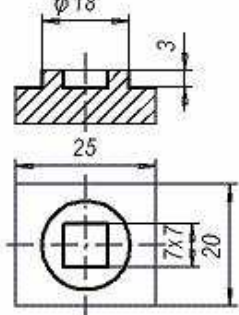
1. Наименование работы.
2. Условия проведения эксперимента: материал и размеры заготовки, размеры её рабочей зоны, значение межэлектродного зазора δ , состав и концентрация электролита, измерительные приборы и инструменты.
3. Таблица результатов эксперимента по форме таблицы П.2 протокола измерений.
- Расчёты, перечисленные в пунктах 9–11 раздела «Последовательность выполнения работы», и таблица результатов (по форме таблицы 3.1).
4. Графики зависимостей: $k_{\eta} = f_1(\rho_I)$, $v_p = f_2(\rho_I)$, $w_m = f_3(\rho_I)$, $Ra = f_4(\rho_I)$.

Таблица 1.39

Индивидуальные задания

№ п/п	Операционный эскиз	№ п/п	Операционный эскиз	№ п/п	Операционный эскиз
1	 Материал: 2X13	5	 Материал: 30ХГСА	9	 Материал: ЭИ-893
2	 Материал: Сталь 40Х	6	 Материал: Т5К10	10	 Материал: ВТ16

Окончание табл. 1.39

№ п/п	Операционный эскиз	№ п/п	Операционный эскиз	№ п/п	Операционный эскиз
3	 Материал: 5ХНМА	7	 Материал: Т15К6	11	 Материал: 38ХМЮА
4	 Материал: ВК8	8	 Материал: Сталь 40ХН	12	 Материал: Д1

5. Сопоставление производительности электрохимической обработки заготовки (по эскизу индивидуального задания) с производительностью её обработки указанными преподавателем методом и режимом обработки.

6. Выводы.

7. Номер, формулировка, исходные данные индивидуального задания (таблица 1.39) и эскиз детали.

Индивидуальное задание: «Определить силу тока, необходимую для травления заготовки и рассчитать основное время обработки».

8. Расчёты силы тока I , обеспечивающей $v_p = 0,05$ мм/мин, и основного времени обработки τ_o .

9. Приложение. Протокол измерений (по далее приведённой форме).

Приложение

ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЙ

к лабораторной работе «Определение зависимостей технологических характеристик электрохимической обработки плоской поверхности заготовки от плотности тока»

Группа _____

Дата проведения эксперимента «_____» _____ 201__ г.

1. Условия проведения эксперимента

1.1. Оборудование: _____

1.2. Рабочая среда: _____

1.3. Характеристики электрода-инструмента: _____

1.4. Материал, форма и размеры заготовки: _____

1.5. Режим обработки: _____

1.6. Межэлектродный зазор, δ , мм _____

1.7. Измерительные инструменты и приборы: _____

2. Таблицы измерений

Таблица П.1

Исходные измерения толщины пластины и шероховатости
обрабатываемой поверхности

Номер пла- стины	Шири- на ра- бочей зоны, b , мм	Толщина заготовки, h , мм				Ra , мкм			
		Номер измерения			h_{cp}	Номер измерения			Ra_{cp}
		1	2	3		1	2	3	

Таблица П.2

Результаты эксперимента

Номер эксперимента																	
1						2						3					
Номер изме- рения	τ_0 , мин	I , А	U , В	h , мм	Ra , мкм	Номер изме- рения	τ_0 , мин	I , А	U , В	h , мм	Ra , мкм	Номер изме- рения	τ_0 , мин	I , А	U , В	h , мм	Ra , мкм
1	0					1	0					1	0				
2						2						2					

Студент (студентка) _____

Преподаватель _____

2. УПРАЖНЕНИЯ

Упражнение в образовательном процессе является одним из практических методов обучения, направленных на формирование умений студентов применять полученные теоретические знания в решении профессиональных задач. Это требует включения упражнений в учебный процесс, как правило, после получения студентами необходимых теоретических знаний на лекциях.

Решая задачу формирования определённых общепрофессиональных умений, упражнения, выполняемые студентами в рамках изучения учебной дисциплины «Технология конструкционных материалов», 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 зависимость их содержания и методики проведения от направления подготовки бакалавров или специальности, принятой системы обучения студентов дисциплине «Технология конструкционных материалов» и графика учебного процесса.

Методика выполнения приведённых в пособии упражнений 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 этап завершения занятия, когда преподаватель должен раскрыть общие решаемые задачи в процессе внеаудиторной работы студентов, содержания и методики выполнения домашнего задания.

Упражнения в рамках дисциплины «Технология конструкционных материалов» 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, приведённых 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 направлением подготовки или специальностью будущего выпускника.

Проведение упражнений 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 приведённых 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 распространённых 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. 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 наилучшее значение выбранного критерия оптимальности обработки заготовок. Критерием оптимальности обычно служит одно из трёх 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 объёма расчётных 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. Третий критерий оптимальности режима обработки, обеспечение максимальной производительности обработки, используют при проектировании 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 заготовки (шероховатость поверхности, качество поверхностного слоя детали, точность размера и формы обрабатываемой поверхности), ограничения по производительности обработки, ограничения, связанные с характеристиками станка (мощность приводов, допустимые силы и момент сил, дискретные ряды частот вращения шпинделя $n_{см}$ 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 распространённого метода оптимизации состоит в следующем. Основным ограничением экономического характера при реализации метода точения принимается 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, работе [10].

Соотношения показателей степени при элементах режима резания определяют последовательность их назначения, так как 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 учётом уже выбранной глубины резания. И только вслед за этим приступают к определению скорости резания v .

Для назначения v сначала по двум определённым элементам режима резания t и S_o устанавливают стойкость резца T на основе справочных таблиц. Затем, используя зависимость (2.1), производят расчёт допустимой скорости резания v по выведенной из неё формуле

$$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} S_o^{y_v}} k_v, \text{ м/мин} \quad (2.2)$$

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].

$$k_v = k_{m_v} k_{n_v} k_{u_v} k_{\varphi_v} k_{T_v}, \quad (2.3)$$

где k_{m_v} — поправочный коэффициент на обрабатываемый материал ([10], табл. 1); k_{n_v} — поправочный коэффициент на состояние обрабатываемой поверхности, определяемое способом получения заготовки и наличием на её поверхности корки или загрязнений ([10], табл. 5); k_{u_v} — поправочный коэффициент на инструментальный материал ([10], табл. 6); k_{φ_v} — поправочный коэффициент на величину главного угла в плане резца φ

([10], табл. 18); k_{T_v} — поправочный коэффициент на значение принятой стойкости режущего инструмента T .

В целом расчёт режима резания включает в себя три этапа: отбор и анализ необходимой исходной информации, назначение оптимального сочетания элементов режима резания, проверочные расчёты. 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 силы 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, имеющем мощность электродвигателя $N_{эл}$;
- корректировка скорости резания при недостаточной мощности станка.

Расчёт 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).

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, обозначаемое символом i .

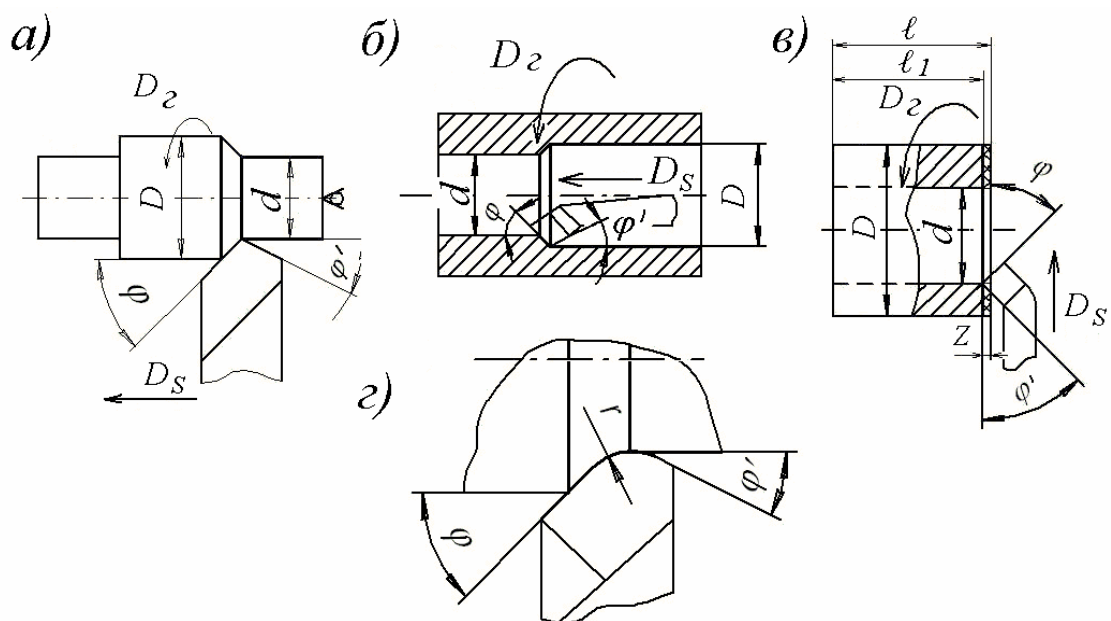


Рис. 2.1. Схемы токарных работ:

а) — обтачивание цилиндрической поверхности; б) — растачивание отверстия, в) — подрезание торца; г) — радиус при вершине резца

Число рабочих ходов зависит, в первую очередь, от жёсткости технологической системы и характеристик обрабатываемого материала. На каждом последующем ходу следует назначать меньшую глубину резания, чем на предшествующем.

При полустивовой и чистовой обработке припуск делят на части 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. Конкретные значения t устанавливают, руководствуясь рекомендуемыми в таблице 2.1 данными.

Таблица 2.1

Рекомендации по назначению глубины резания

Вид точения	Точность обработки, квалитет	Шероховатость Ra , мкм	Глубина резания, t , мм
Черновое	12–14	более 12,5	5,0–8,0
Полустивовое	9–11	6,3–12,5	2,0–5,0
Чистовое	7–8	1,25–6,3	0,5–2,0
Тонкое	5–6	0,32–1,25	0,05–0,2

При растачивании отверстий в связи с меньшей жёсткостью расточного резца, чем проходного, при назначении глубины резания следует принимать меньшие из указанных в таблице 2.1 значений и проверять возможность их использования по жёсткости применённого инструмента.

Выбор подачи S_o . Подачу S_o , то есть перемещение резца за один оборот заготовки, выбирают в зависимости от назначенной глубины резания и заданной шероховатости обработанной поверхности с учётом 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 подачи станка (ограничивает значение силы P_x);
- допустимый прогиб резца;
- заданная шероховатость обработанной поверхности.

При черновом точении главными ограничениями величины подачи являются прочность и жёсткость державки резца, прочность слабых звеньев механизмов подачи станка, жёсткость обрабатываемой заготовки и метод её закрепления. Учёт этих ограничений осуществляют по таблицам, приведённым в справочниках (по типу таблицы 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	от 3 до 5 мм	от 5 до 8 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	0,5–0,7	0,4–0,7	0,3–0,5
	25 × 40	0,6–0,9	0,5–0,8	0,4–0,7
60–100	16 × 25	0,6–0,9	0,5–0,7	0,5–0,6
	25 × 40	0,9–1,2	0,8–1,1	0,7–0,9

При получистовом и чистовом точении подачу выбирают по таблице 2.3 в зависимости от заданной шероховатости обработанной поверхности и радиуса при вершине резца r (см. рис. 2.1, z).

Таблица 2.3

Допустимые подачи при чистовом и получистовом точении сталей резцами из быстрорежущей стали или твёрдого сплава

Параметр шероховатости поверхности, Ra , мкм	Радиус при вершине резца, r , мм					
	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
	Подача S_o , мм/об					
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
6,3	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
12,5	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
50	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

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 расчёта требует наличия ряда экспериментально устанавливаемых данных, что усложняет всю процедуру назначения режима обработки.

В среднем экономически целесообразное значение стойкости резца T , определяемое по этим формулам, находится в пределах 30–60 минут.

Упрощённая методика предполагает возможность произвольного назначения стойкости инструмента в пределах или даже за пределами ранее указанных значений и учёт допускаемых при этом погрешностей путем расчёта скорости резания по формуле (2.2) с введением в эту формулу поправочного коэффициента k_{T_v} . Чаще всего при назначении режима резания

принимают стойкость резца, равную 60 минут. Это связано с тем, что в таком случае поправочный коэффициент k_{T_v} равен 1,0 (таблица 2.4).

Таблица 2.4

Поправочные коэффициенты k_{T_v} на скорость резания в зависимости от принятой стойкости резца

Материал инструмента	Коэффициент k_{T_v} 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
Твёрдый сплав	1,15	1,05	1,0	0,9	0,85	0,8

Расчёт скорости резания. Поскольку значения t , S_o , T назначены или выбраны по справочнику, определены показатели степени при значениях стойкости инструмента m , x_v , y_v и коэффициент C_v , скорость резания можно вычислить с помощью зависимости (2.2).

После расчёта скорости резания необходимо по справочным данным определить частоту вращения шпинделя $n_{расч}$, выбрать ближайшую меньшую частоту вращения $n_{см}$ из имеющихся на станке значений ($n_{см} \leq n_{расч}$) и затем на основе этого значения 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 расчёты направлены на выбор оборудования и осуществление 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, её тангенциальную составляющую по формуле (см. работу 1.5):

$$P_z = C_{p_z} t^{x_{p_z}} S^{y_{p_z}} v^{n_{p_z}}. \quad (2.4)$$

Мощность резания $N_{рез}$, Вт, затрачиваемую на создание главного движения резания, определяют по формуле

$$N_{рез} = P_z v_p. \quad (2.5)$$

Полученное из формулы (2.5) значение $N_{рез}$ определяет эффективную мощность станка. Исходя из этого значения, далее определяют мощность электродвигателя станка по формуле

$$N_{эл} = N_{рез} / k_{\eta}, \quad (2.6)$$

где k_{η} — коэффициент полезного действия станка, который принимают в диапазоне 0,8–0,9.

По определённом таким образом значению $N_{эл}$ осуществляют выбор металлорежущего станка или проводят проверку возможности использования имеющегося оборудования для обработки заготовки с выбранным режимом резания. Если значение мощности существующего станка $N_{ст}$ меньше расчётного значения мощности $N_{эл}$, то необходимо либо выбрать для обработки более мощный станок, либо уменьшить параметры режима резания, установив на основе формул (2.5) и (2.6) 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 назначение режима резания для одного из видов токарных работ с использованием справочного пособия по исходным данным индивидуального задания.

Последовательность выполнения работы

1. Изучите основы и последовательность назначения режимов резания при точении, используя сведения данной работы и справочников [5, 10].

2. Для конкретных условий обработки, определённых индивидуальным заданием (таблица 2.5), назначьте рациональные режимы резания в представленной далее последовательности действий.

Примечание. При выполнении работы перечень исходных данных для уменьшения числа проверочных расчётов сокращён.

2.1. Изучите представленные в задании данные.

2.2. Выберите тип токарного резца, нарисуйте схему обработки, согласно рисунку 2.1 с конкретными параметрами процесса, установленными в индивидуальном задании, и согласуйте её с преподавателем.

Таблица 2.5

Индивидуальные задания

№ п/п	Вид обра- ботки	Материал заготовки	Заготов- ка: вид, R_z , мкм	Деталь: R_a , мкм	Матери- ал инст- румента	Параметры лезвия резца				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 Ст3, $\sigma_s = 450$ МПа	Поковка	12,5	T5K10	45	45	-5	2	100	75	–	–
2	Раста- чивание	СЧ10, HB 160	Отливка с коркой	25	BK8	45	45	0	2	80	50	–	–
3	Подре- зание	Сталь 45, $\sigma_s = 680$ МПа	Прокат, пруток	6,3	T5K10	45	15	0	1,5	80	20	70	60
4	Точение	Сталь 45X, $\sigma_s = 750$ МПа	R_a 6,3	1,25	T15K6	60	10	-5	1,5	100	95	–	–
5	Раста- чивание	СЧ20, HB 240	Отливка без корки, R_a 6,3	0,8	BK8	90	20	0	1,5	60	35	–	–
6	Точение	Бр АЖ 9–4, HB 120	Отливка с коркой	6,3	BK6	45	45	10	2	90	60	–	–
7	Раста- чивание	Силумин АЛ2, HB 50	Отливка без корки	0,8	BK4	60	15	15	1,5	75	70	–	–

Продолжение табл. 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
8	Подреза- ние	Сталь 20, $\sigma_s = 500$ МПа	Прокат, пруток, обработан	3,2	P6M5	120	15	10	1,5	70	40	60	55
9	Точение	Сталь 12X18H9T	<i>Ra</i> 3,2	0,4	BK4	75	15	-5	2,0	80	75	–	–
10	Растачи- вание	Бр ОЦ-4-3, <i>HB</i> 70	Отливка без корки	1,25	BK6	45	15	10	0,5	80	60	–	–
11	Подреза- ние торца	Сталь Ст3, $\sigma_s = 500$ МПа	Предвари- тельное точение	6,3	T5K10	90	15	-5	1,5	100	80	60	55
12	Точение	Силумин АЛ2, <i>HB</i> 50	Отливка без корки	1,25	BK4	45	15	15	1,0	95	75	–	–
13	Растачи- вание	Сталь 38ХА, $\sigma_s = 680$ МПа	Прокат с просвер- ленным отверстием	0,8	T15K6	90	15	-5	1,5	75	70	–	–
14	Подреза- ние торца	Бронза Бр АЖ 9-4, <i>HB</i> 120	Пруток	3,2	P18	45	15	10	1,5	60	20	50	45
15	Точение	СЧ15, <i>HB</i> 180	Отливка с коркой	12,5	BK8	30	45	0	2,0	95	70	–	–

2.3. Установите число рабочих ходов i , необходимое для удаления припуска Z , используя предельные значения глубины резания, указанные в таблице 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 расчётах.

2.4. Назначьте подачу S_0 , мм/об, по таблицам 2.2 и 2.3.

Примечание. Проверка выбранной подачи в данном упражнении не предусмотрена ни по одному из условий, приведённых в разделе «Последовательность назначения режима резания при точении».

2.5. Примите период стойкости режущего инструмента T равным 60 минутам.

2.6. Рассчитайте скорость главного движения резания $v_{расч}$ по формуле (2.2), определив по справочнику [10] поправочные коэффициенты на материал заготовки k_{m_v} , состояние обрабатываемой поверхности k_{n_v} , материал инструмента k_{u_v} и на значение главного угла в плане k_{ϕ_v} .

2.7. Определите частоту вращения шпинделя $n_{расч}$ по формуле (1.1) и откорректируйте её по табличным значениям частот вращения шпинделя токарно-винторезного станка модели 16K20, установив $n_{см}$.

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 $N_{рез}$ 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 рассчитанное значение $N_{эл}$. Сделайте вывод о возможности и целесообразности реализации выбранного режима обработки на этом станке.

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 отчёта

1. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания.

Индивидуальное задание: «Назначить режим резания и осуществить проверку возможности его реализации на токарно-винторезном станке модели 16К20».

2. Схема обработки заготовки.

3. Назначение режима резания (выполнить в последовательности, представленной в п. 2 раздела «Последовательность выполнения работы», с краткими комментариями).

4. Назначенный режим обработки.

2.2. ИЗУЧЕНИЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА⁵

Цель работы: знание общих сведений о конструктивных и геометрических элементах металлорежущих инструментов; умение находить их на реальных инструментах и обозначать конструктивные и геометрические параметры на эскизах.

Общие сведения

Разнообразие технологических методов обработки заготовок резанием определяет наличие в промышленности широкой номенклатуры металлорежущих инструментов. К ним относят резцы, фрезы, свёрла, зенкеры, развёртки, метчики, плашки и т. д. Режущий инструмент обеспечивает создание поверхности детали заданной чертежом 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 металлорежущих инструментов позволяет глубже понять технологические возможности конкретных методов

⁵ Работа может проводиться только после выполнения работы 1.4.

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 крепёжную 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 требуемое качество обработанной поверхности на детали.

По количеству лезвий режущие инструменты подразделяют на однолезвийные и многолезвийные. Примером однолезвийного металлорежущего инструмента может служить токарный проходной резец, части и элементы которого рассмотрены в лабораторной работе 1.4.

Для того чтобы режущий инструмент мог осуществлять резание, его лезвие должно быть определённым образом ориентировано относительно поверхностей заготовки (обрабатываемой, обработанной, поверхности резания (см. рис. 1.28, *а*) и вектора скорости резания v (см. рис. 1.29). 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 наклона главной режущей кромки λ (см. рис. 1.29).

Лезвие инструмента образовано передней и задней (задними) поверхностями, которые в процессе резания находятся в контакте с заготовкой и (или) стружкой. С целью снижения сил трения высота шероховатости этих поверхностей по параметру Ra не должна превышать 0,16 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, могла разместиться в объёме этой канавки. Примеры инструментов со стружечными канавками приведены в заданиях 7, 8, 11, 14 (таблица 2.6).

Если инструмент оснащён 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 не только определённым образом ориентирован относительно заготовки, но и надёжно закреплён. Для реализации этой функции служит его крепёжная часть, выполняемая в виде конического или цилиндрического хвостовика, призматического стержня или посадочного отверстия. С целью экономии дорогостоящих инструментальных материалов крепёжную часть инструмента часто изготавливают из конструкционной стали. Рабочую и крепёжную 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 (таблица 2.6).

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_z 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_{τ_c} (см. рис. 1.29). 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 в виде принятых условных обозначений (см. работу 1.4); составление отчёта.

Последовательность выполнения работы

1. Актуализируйте знания о типах режущих инструментов по работе 1.4 и учебнику «Технология конструкционных материалов» [1, 2].

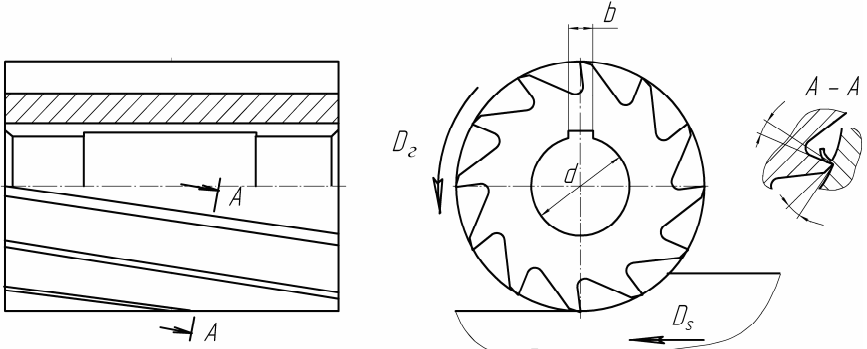
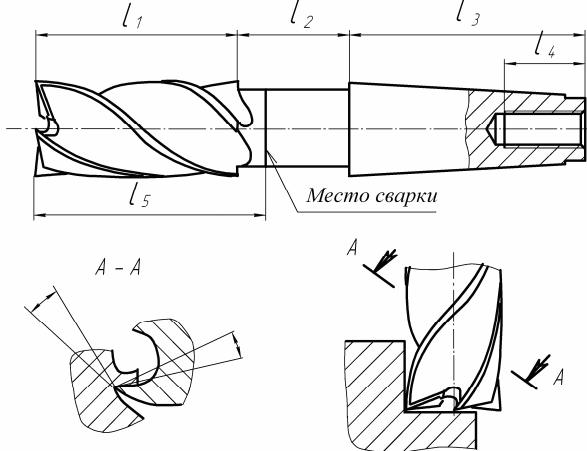
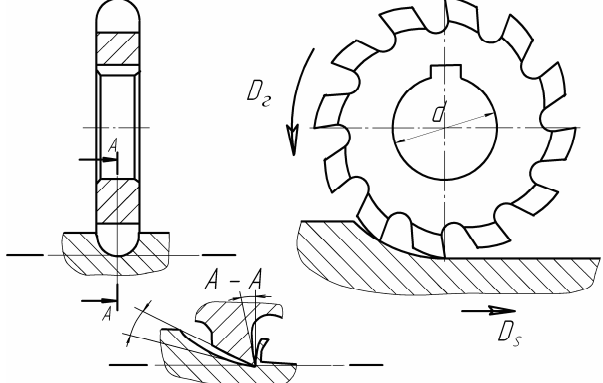
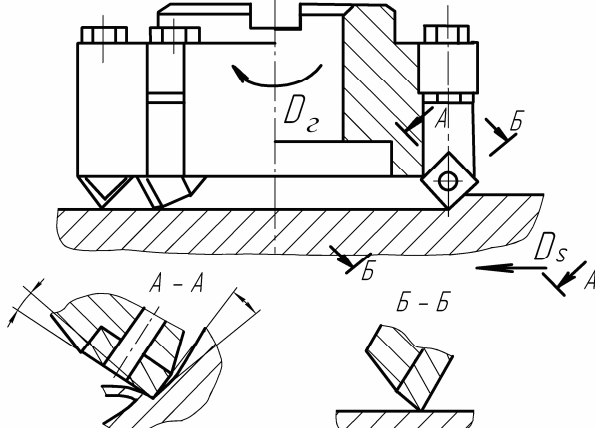
2. Получите у преподавателя для изучения реальный режущий инструмент. Определите по учебнику [1, 2] тип режущего инструмента и определите по таблице 2.6 номер задания, соответствующий полученному инструменту.

Таблица 2.6

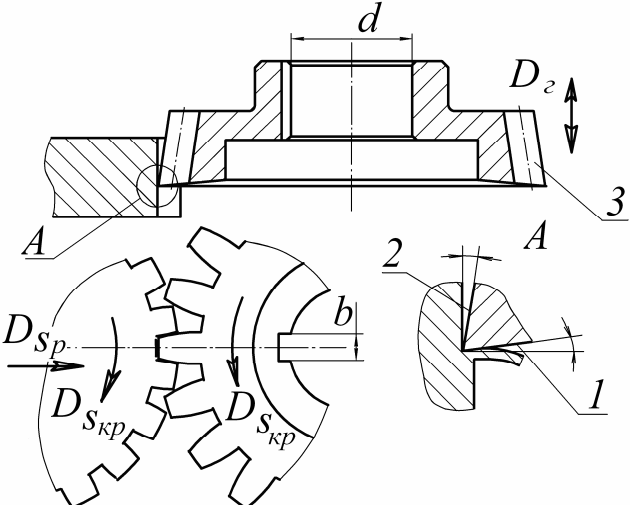
Индивидуальные задания

№ п/п	Вид инструмента. Дополнительное задание	Эскиз инструмента
1	2	3
1	Сверло спиральное. Найти и обозначить вспомогательную секущую плоскость и углы α' и φ' .	
2	Зенкер спиральный. Найти и обозначить на эскизе угол φ .	

1	2	3
3	Развертка насадная. Найти и показать на эскизе угол φ.	
4	Сверло центровочное. Нанести на эскизе обозначения неуказанных углов.	
5	Резец круглый фасонный. Нанести на эскизе обозначения неуказанных углов.	
6	Сверло для глубокого сверления. Найти и обозначить вспомогательную секущую плоскость и углы α' и φ'.	

1	2	3
7	Фреза цилиндрическая. Нанести на эскизе обозначения неуказанных углов.	
8	Фреза концевая. Нанести на эскизе обозначения неуказанных углов.	
9	Фреза фасонная дисковая.	
10	Фреза торцовая. Найти и обозначить вспомогательную секущую плоскость и углы α' и φ'.	

1	2	3
11	Фреза грибковая. Нанести на эскизе обозна- чения неука- занных углов.	
12	Фреза диско- вая трёхсто- ронняя. Найти и обо- значить вспомо- гательную секущую плос- кость и угол α'.	
13	Метчик. Нанести на эскизе обозна- чения неука- занных углов.	
14	Протяжка. Нанести на эскизе обозна- чения неука- занных углов.	

1	2	3
15	Долбяк. Нанести на эскизе обозначения неуказанных углов.	

3. Нарисуйте на черновике эскиз инструмента и все приведённые в задании виды и сечения лезвия с элементами заготовки.

4. Определите положения и обозначьте следы координатных плоскостей P_{vc} , P_{nc} , $P_{\tau c}$ в статической системе координат, используя показанные на эскизе движения резания (D_z , D_s).

Примечание. С целью упрощения рисунков индекс «с», характеризующий использование для определения углов инструмента статической системы координат, на эскизах таблицы 2.6 при обозначении координатных плоскостей и углов не указан. Можно этот индекс не указывать и при оформлении отчёта по индивидуальному заданию.

5. Найдите на инструменте режущую, рабочую и крепёжные части, а на заготовке — обрабатываемую, обработанную поверхности и поверхность резания; обозначьте их цифрами соответственно 1, 2, 3.

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 $P_{\tau c}$ обозначьте передний γ и главный задний α углы. Найдите, воспользовавшись определением, приведённым в работе 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 отчёта

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 крепёжной 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 составления технологической документации; умения разрабатывать маршрут технологического процесса изготовления простейших деталей, 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 для изготовления продукции на предприятии.

В производственном процессе выделяют основную и вспомогательную деятельность, выполняемую человеком непосредственно или с помощью орудий труда. Основная деятельность и реализуемые в ходе её процессы связаны непосредственно с изготовлением детали, изменением формы, размеров и свойств предмета труда, а вспомогательные виды деятельности обеспечивают возможность изготовления продукции и реализации основной деятельности, не участвуя при этом в непосредственном воздействии на предмет труда. К этой части производственного процесса относят конструкторскую и технологическую подготовку производства, транспортирование заготовок и уже готовых изделий, их складирование и хранение, контроль деталей, изготовление приспособлений и инструментов и т. д.

Часть производственного процесса, содержащую целенаправленные действия по изменению и 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 её в связи с этим в готовое изделие. Технологический процесс включает также контроль качества изделия на всех этапах его изготовления.

Технологический процесс изготовления детали состоит из последовательных, выполняемых на разных типах оборудования 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 и типах металлообрабатывающего оборудования (см. приложение 1). Название операции даётся по наименованию станка, на котором выполняется конкретная работа. Это название 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 для изготовления детали 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 её 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 нём 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 с различных её сторон, что не позволяет это сделать при одном закреплении заготовки. В этом случае для обработки заготовки со второй стороны после обработки с первой стороны её нужно раскрепить и переустановить в приспособлении в другом положении.

Например, на рисунке 2.2 показана схема фрезерной операции, выполняемой за два установка. При первом установке фрезерованию подвергают основание 1 заготовки (рис. 2.2, а). Затем заготовку раскрепляют,

поворачивают на 180° и устанавливают уже обработанной плоскостью на горизонтальную поверхность машинных тисков. После нового закрепления (второй установ) фрезеруют плоскость 2 заготовки (рис. 2.2, б).

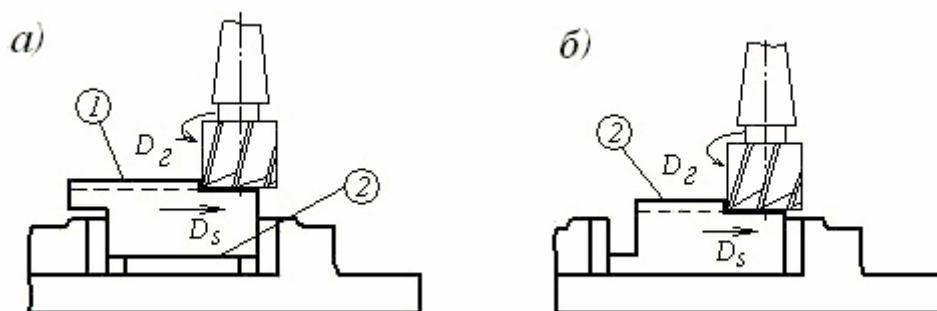


Рис. 2.2. Эскизы выполнения фрезерной операции за два установка

Позиция — фиксированное положение, занимаемое неизменно закреплённой заготовкой совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определённой части операции. Выделение позиций в рамках данной работы не предусмотрено.

Технологический переход — законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения (станок, инструмент, приспособление) при постоянных технологических режимах и установке.

Проще говоря, обработка при одном установе одной поверхности заготовки, а затем при этом же установе — другой поверхности, соответствует в структуре технологической операции двум технологическим переходам. Аналогично этому, обработка одной и той же поверхности последовательно одним или разными инструментами при изменённых режимах резания описывается в технологической документации также двумя технологическими переходами. Это относится, например, к последовательным черновой и чистовой обработкам одной и той же поверхности.

Например, для обработки втулки, представленной на рисунке 2.3, при одном закреплении заготовки нужно выполнить на токарной операции (токарный станок) последовательно пять технологических переходов: 1-й переход (рис. 2.3, а) — подрезать торец заготовки проходным отогнутым резцом; 2-й переход (рис. 2.3, б) — точить наружную поверхность диаметром d проходным упорным резцом; 3-й переход (рис. 2.3, в) — точить

диаметр D проходным резцом; 4-й переход (рис. 2.3, *з*) — сверлить отверстие d спиральным сверлом; 5-й переход (рис. 2.3, *д*) — отрезать заготовку длиной ℓ отрезным резцом.

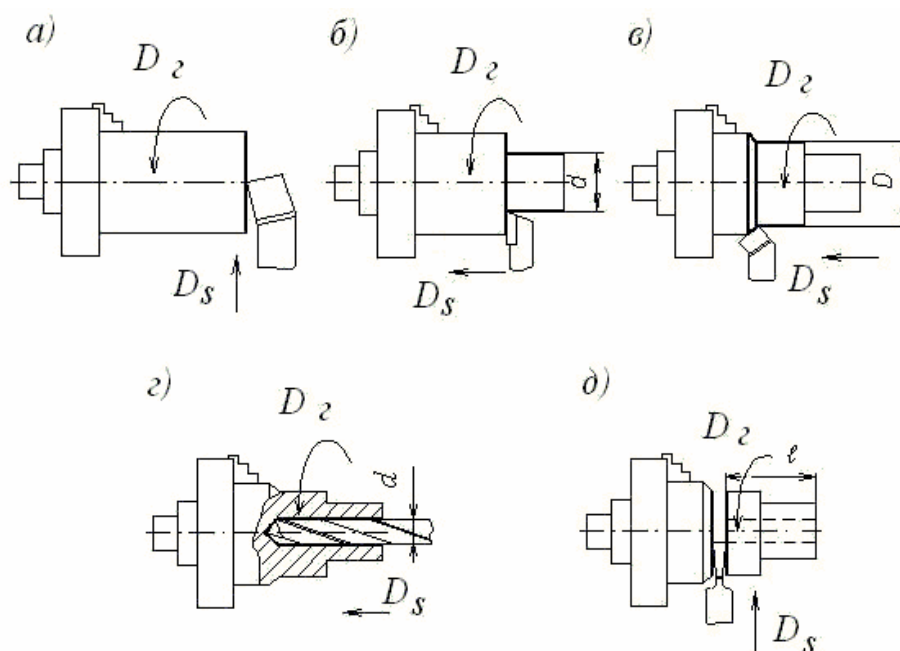


Рис. 2.3. Эскизы технологических переходов токарной операции

Название перехода описывают предложением с глаголом в повелительном наклонении и указанием наименования обрабатываемой поверхности, конструктивных элементов и их размеров.

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 единую последовательность переходов в рамках операции с номерами в технологической документации, проставляемыми арабскими цифрами: 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 ещё 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 машины. При проектировании 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, трудоёмкая 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 и их элементов, выбор оборудования (станков) и приспособлений, назначение режимов резания, расчёт 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, её конфигурацией, габаритами, маркой материала, из которой изготовлена деталь. Одним из решающих факторов, определяющих возможность принятия того или

иною решения, является размер партии изготавливаемых деталей или тип производства изделия. Выделяют единичный, мелкосерийный, серийный, крупносерийный и массовый типы производств.

Необходимая точность размеров и взаимного расположения поверхностей на изготовленной на основе разработанного технологического процесса детали достигается в значительной степени оптимизацией последовательности операций и правильным базированием (расположением) 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 закреплённого на нём приспособления. Закрепление заготовки следует осуществлять только после того, как она будет ориентирована (реализовано базирование) должным образом на станке.

Точность обработки в значительной степени определяется также точностью базовых поверхностей заготовки. Поверхности, полученные литьем или горячей штамповкой, не обеспечивают необходимую точность базирования на заключительных операциях. Поэтому такие поверхности, называемые черновыми базами, можно использовать в качестве баз только один раз — на первой операции, когда на заготовке ещё нет обработанных поверхностей. Из тех же соображений на первой операции нужно стремиться обработать поверхности, которые будут служить базами на последующих операциях.

Разработка технологического процесса завершается подготовкой 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 применяют упрощённую технологическую документацию по типу таблиц, использованных в работах 1.1 и 1.2.

Разрабатывая технологический процесс изготовления детали, необходимо в целом придерживаться следующей последовательности:

— изучить чертёж детали и установить размер партии изготовления деталей;

- определить тип производства;
- выбрать вид заготовки и метод её получения;
- произвести разметку чертежа детали, пронумеровав все поверхности, подвергаемые механической обработке;
- выбрать в соответствии с рекомендациями таблицы 2.7 для каждой из пронумерованных поверхностей требуемое количество технологических переходов (черновой, получистовой, чистовой переходы) и для каждого перехода — технологический метод обработки;
- составить из выбранных таким образом переходов их общую последовательность, то есть технологический маршрут изготовления детали, предусматривающий последовательную черновую, затем получистовую, а при необходимости — чистовую и отделочную обработку поверхностей заготовки;

Таблица 2.7

Глубина резания и получаемые точность и шероховатость при различных видах обработки

Вид обработки	Глубина резания, t , мм	Шероховатость поверхности, Ra , мкм	Квалитет точности
Точение:			
черновое	8	80–12,5	14–16
получистовое	0,5–2	12,5–3,2	11–13
чистовое	0,2–0,5	3,2–0,8	6–10
Фрезерование:			
черновое	8–10	80–12,5	14–16
чистовое	0,5–2	12,5–1,6	8–13
Строгание:			
черновое	8–10	80–12,5	14–16
чистовое	0,5–2	12,5–3,2	8–13
Сверление и рас- сверливание	0,5 ($D_{св} - d_{отв}$)	25–6,3	13–14
Зенкерование	0,5–3	6,3–3,2	11–12
Развёртывание:			
получистовое	0,15–0,5	3,2–0,8	9–10
чистовое	0,05–0,25	0,8–0,25	6–8

Вид обработки	Глубина резания, t , мм	Шероховатость поверхности, Ra , мкм	Квалитет точности
<i>Шлифование:</i>			
черновое	0,3–0,5	6,3–1,6	8–11
чистовое	0,03–0,1	1,6–0,25	6–7
тонкое	0,005–0,01	0,25–0,063	5–6

— 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, определяя таким образом название операции;

— разработать последовательно структуру каждой из технологических операций с выделением её позиций, 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 при каждом установе;

— 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 рисунке 2.4 представлен эскиз детали «Винт», а в таблице 2.8, названной нами технологической картой, приведены сведения о структуре технологического процесса её изготовления и требуемой технологической оснастке. Контур используемой для изготовления заготовки – прутка дан на рисунке 2.4 пунктирной линией.

В графе 4 таблицы 2.8 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.

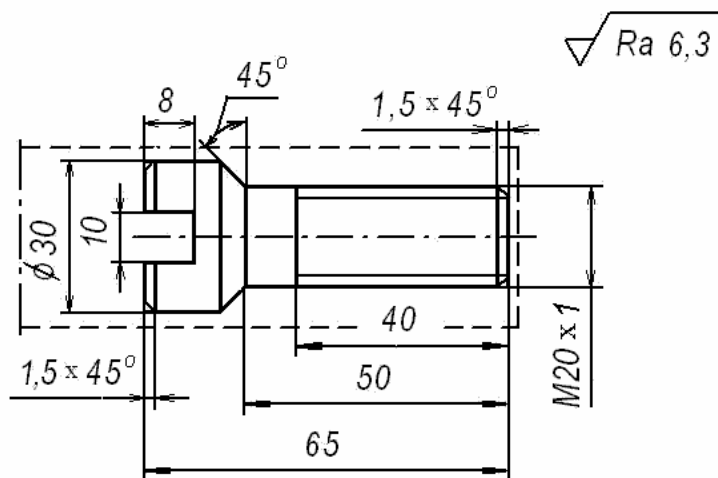


Рис. 2.4. Эскиз детали «Винт»

Полный пример зарисовки и правила разработки операционного эскиза представлены в разделе 1.1 пособия, в том числе на рисунке 1.13, б.

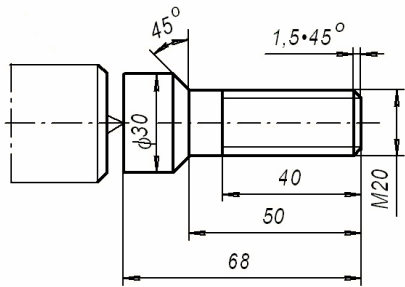
В таблице 2.8 приведены названия операций (столбец 3), реализуемых при изготовлении детали «Винт», и их содержание (установы, технологические переходы). Установы нумеруют большими буквами русского алфавита, например *А*, *Б*, *В* и т. д., а технологические и вспомогательные переходы строго в их общей последовательности — арабскими цифрами.

Если при черновой обработке припуск превышает 8–10 мм, то его удаляют за 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 таблице 2.7 получается такая точность, предусмотреть все предыдущие — черновые и (или) получистовые переходы. Например, для получения отверстия 8-го качества точности необходимо последовательно выполнить сверление, зенкерование и получистовое развёртывание, а для 7-го качества точности — сверление, зенкерование, получистовое и чистовое развёртывание.

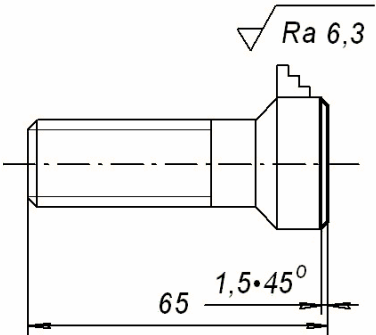
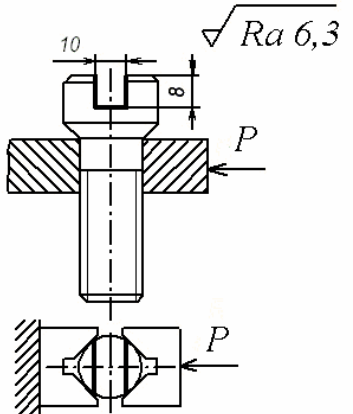
В графе 9 таблицы 2.8 приведены полные наименования используемых на соответствующих операциях станков, режущих инструментов и приспособлений.

Таблица 2.8

Технологическая карта последовательности изготовления детали «Винт»

Но- мер опе- ра- ции	Наимено- вание и модель станка	Наимено- вание операции	Технологический эскиз операции	Номера		Содержание переходов	Чис- ло рабо- чих ходов	Режущий инструмент, приспособ- ления
				уста- но- вов	пере- хо- дов			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
05	Токарно- винторез- ный, модель 16K20	Токарно- винторез- ная		А	1	Установить и закрепить заготовку		Трёхкулачковый самоцентрирующий патрон
					2	Подрезать торец «как чисто»	1	Подрезной резец
					3	Точить поверхность $d = 30$ мм на длину 70 мм	1	Проходной резец
					4	Точить поверхность $d = 20$ мм на длину 50 мм.	2	Проходной резец
					5	Точить фаску $1,5 \times 45^\circ$	1	- // -
					6	Нарезать резьбу M20 на длину 40 мм	1	Плашка M20
					7	Отрезать заготовку в размер 68 мм	1	Отрезной резец

Окончание табл. 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
05 (продолжение)	Токарно-винторезный, модель 16K62	Токарно-винторезная		Б	8	Раскрепить, переустановить и закрепить заготовку		Трёхкулачковый самоцентрирующий патрон
					9	Подрезать торец в размер 65 мм	1	Подрезной резец
					10	Точить фаску $1,5 \times 45^\circ$	1	Проходной резец
					11	Раскрепить, снять заготовку		
10	Горизонтально-фрезерный станок, модель 6Н82	Горизонтально-фрезерная		А	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		Контрольная				Контролировать размеры детали		

Содержание работы

Работа включает изучение структуры, элементов и методики проектирования технологического процесса; разработку технологического процесса изготовления конкретной детали, составление учебной технологической документации для заданных типа производства и вида заготовки; подготовку отчёта.

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, применяемом инструменте и оборудовании по материалам работ 1.1; 1.2; 1.3; 1.9; 1.10; 2.1.

3. Получите индивидуальное задание от преподавателя на разработку технологического процесса изготовления детали по таблице 2.9.

4. Изучите эскиз детали, установите партию её изготовления и тип заготовки.

5. Перерисуйте эскиз детали на отдельный лист и пронумеруйте обрабатываемые поверхности по примеру рисунка 1.13, 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 рассмотрения теоретических основ, дополнительных к указанным в разделе «Общие сведения» [11, 12].

7. Разработайте технологические эскизы на выделенные операции и установы.

8. Оформите технологическую карту на разработанный технологический процесс изготовления детали (по форме таблицы 2.8).

9. Составьте отчёт по работе.

Таблица 2.9

Индивидуальные задания

№ п/п	Эскиз детали с припусками на обработку	Размеры детали									
		l , мм	l_1 , мм	l_2 , мм	d , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	h , мм	h_1 , мм	h_2 , мм	b , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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	—

Окончание табл. 2.9

№ 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	 $\sqrt{Ra\,3,2}(\checkmark)$ $H14, h14$	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, мм											
		l	l_1	l_2	l_3	l_4	d	d_1	d_2	d_3	d_4	h	b
10	 $\sqrt{Ra\,6,3}(\checkmark)$ $A-A$ $b\,(IT9)$ $Ra0,32$ $H14, h14, \pm IT\frac{1}{2}$	60	10	20	30	20	50	39,5	40	5	60	35,5	12
11		75	12	25	35	25	55	44,5	45	6	65	40,0	14
12		80	15	30	40	30	60	49,0	50	6	70	45,0	16

Содержание отчёта

1. Наименование работы.

2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания.

Индивидуальное задание: «Разработать технологический процесс изготовления детали «.....» для единичного типа производства, составить технологическую карту процесса и разработать операционные эскизы (по заданию преподавателя)».

3. Эскиз детали согласно индивидуальному заданию с нумерацией изготавливаемых поверхностей по форме рисунка 1.13, б.

4. Тип заготовки и метод её изготовления.

5. Технологические маршруты изготовления отдельных поверхностей детали (по форме таблицы 2.10).

Таблица 2.10

Технологические маршруты изготовления поверхностей детали «...»

Номер поверхности	Вид выполняемой работы	Требования к поверхности		Названия технологических переходов	Режущий инструмент
		качество	Ra, мкм		
1				1.1. ...	
				1.2.	
2				2.1.	
...					

6. Технологический маршрут изготовления детали в виде перечисления последовательности технологических переходов.

7. Перечень технологических операций и применяемого оборудования (по форме таблицы 2.11).

Таблица 2.11

Технологические операции изготовления детали «_____» и применяемое оборудование

Номер технологической операции	Номер (номера) обрабатываемой поверхности	Технологическое оборудование	Название операции	Номер установка	Технологические переходы (номера, содержание)
05					
10					
...					

8. Операционные эскизы (по указанию преподавателя).
9. Технологическая карта изготовления детали «...» (по форме таблицы 2.8).

2.4. ПОКРЫТИЯ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ. 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 слоёв.

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 микротвёрдости, изменения коэффициента трения, изменения оптических, магнитных, электрических и других свойств поверхности).

Лакокрасочные покрытия. Лакокрасочные покрытия отличаются дешевизной, простотой нанесения и надёжностью. 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), (таблица 2.12), применяя послойно вещества, обладающие повышенной адгезией к покрываемой основе (грунты), вещества для выравнивания поверхности (шпаклевки или шпатлевки), защитные и декоративные составы (эмали, краски, лаки).

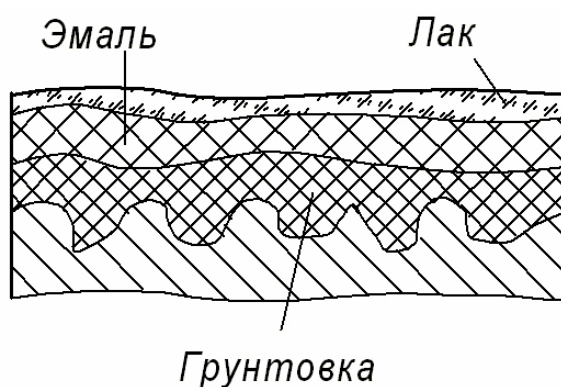


Рис. 2.5. Схема лакокрасочного покрытия на заготовке из стали

Таблица 2.12

Системы (слои) лакокрасочных покрытий на металлах

Защитно-декоративные покрытия		Защитные и специальные покрытия		
поверхности штамповки, отливки в состоянии поставки с $Rz > 12,5$ мкм	поверхности с шероховатостью $Rz \leq 12,5$ мкм	цветные и чёрные металлы	цветные и чёрные металлы при эксплуатации внутри помещения	цветные металлы при эксплуатации внутри помещения

Окончание табл. 2.12

Защитно-декоративные покрытия		Защитные и специальные покрытия		
Грунт, шпаклевка, эмаль (краска) в 2–3 слоя, лак	Грунт, эмаль (краска), 2–3 слоя	Грунт, эмаль (краска), 2–3 слоя	Эмаль	Лак

Шероховатость внешней поверхности многослойного лакокрасочного покрытия не зависит от шероховатости покрываемой поверхности, так как выравнивается за счёт шпаклевки, а в ряде случаев и за счёт полирования верхнего слоя.

В зависимости от назначения (условий эксплуатации) покрытия по ГОСТ 9.032–74 делят на группы (таблица 2.13).

Таблица 2.13

Группы покрытий и условия эксплуатации

Группа покрытий	Условия эксплуатации	
	Характеристика	Обозначение
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	
Химически стойкие	Растворы кислот	
	Растворы щелочей	
Термостойкие	Температура эксплуатации выше 60 °С	

Окончание табл. 2.13

Группа покрытий	Условия эксплуатации	
	Характеристика	Обозначение
Электроизоляционные и электропроводные	Электроизоляционные	
	Электропроводные	
Специальные	Холод ниже – 60 °С	
	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 её классом, который в соответствии с ГОСТ 9.032–74 оценивают твёрдостью, 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, которые характеризуют 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 определённой шероховатостью или зашпаклевана, а после высыхания слоя шпаклевки зачищена абразивной обработкой до указанных в таблице 2.14 параметров шероховатости.

Обозначение покрытий. Характеристики покрытия записывают в следующем порядке:

- обозначение материала внешнего слоя покрытия по ГОСТ 9825–73 или слоёв покрытия, последовательно, начиная с внешнего слоя;
- класс покрытия;
- обозначение условия эксплуатации.

Таблица 2.14

Требования к шероховатости поверхностей
для различных классов покрытия

Класс покрытия	Нормы шероховатости, <i>Rz</i> , мкм					
	Гладкие однотонные покрытия					Рельеф- ные покрытия
	Высо- ко- 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	—					

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 ведётся на основе рекомендаций специальной литературы и накопленного опыта эксплуатации изделий в подобных к заданному условиях. Ориентировочные рекомендации по выбору некоторых лакокрасочных покрытий представлены в таблице 2.15.

Таблица 2.15

Устойчивость лакокрасочных покрытий в различных средах
и примеры применения

№ п/п	Материал покрытия и примеры обозначения	Характеристика устойчивости покрытия	Область применения
1	Масляные: краска мас- ляная МА–011	Покрытия атмосферо- стойкие. Неустойчивы к воздействию масла, бен- зина керосина. Имеют низкие декоративные свойства.	Деревянные строения, деревянная тара.
2	Пентафта- лиевые: эмаль ПФ–115	Покрытия высокой атмо- сфероустойчивости.	Вагоны, трамваи, троллейбусы, автобу- сы, сельскохозяйст- венные машины.
3	Глифтале- вые: эмаль ГФ–245	Уступают пентафталевым эмалям по атмосферо- стойкости, но превосходят их по маслостойкости.	Кузова и узлы мало- литражных автомоби- лей, корпуса приборов.
4	Эпоксидные: эмаль ЭП–74, лак ЭП–513	Устойчивы в морской и пресной воде, растворах щелочей; неустойчивы к солнечной радиации.	Электротехническое оборудование, декора- тивная отделка корпу- сов приборов из чёр- ных и цветных метал- лов, стеклопластика, пластмасс.

№ п/п	Материал покрытия и примеры обозначения	Характеристика устойчивости покрытия	Область применения
5	Полиакри- ловые: эмаль АК–71, лак АК–113	Устойчивы в условиях по- вышенной влажности и температуры без воздей- ствия солнечной радиа- ции.	Кожухи приборов и аппаратов из стали или цветных металлов.
6	Поливинил- ацетальные: эмаль ВЛ–515	Устойчивы к воздействию горячей пресной и мор- ской воды, бензина, масла, нефти.	Защита деталей из чёр- ных металлов от воз- действия горячей во- ды: ёмкости для воды, гидроарматура.
7	Полиэфир- ные: эмаль ПЭ–225, лак ПЭ–214	Устойчивы к воде и неф- тепродуктам.	Высококачественная отделка мебели, машин и приборов, эксплуа- тируемых внутри по- мещений.
8	Нитроцел- люлозные: эмаль НЦ–216, лак НЦ–221	Эмали и лаки для покры- тия изделий из дерева и металла, эксплуатируемых внутри и вне помещений.	Станки, приборы, ме- бель, кузова автомоби- лей.
9	Битумные: лак БТ–99, мастика 580	Устойчивы к действию пресной и морской воды, неустойчивы к солнечной радиации и нефтепродук- там.	Защита от действия воды: поверхности ба- ков, нижние поверхно- сти кузовов автомоби- лей.

Лакокрасочные материалы разрабатывают для конкретных условий применения. Их выбор должен производиться как исходя из местных усло-
вий эксплуатации изделий (таблица 2.16), так и с учетом экономических
показателей получения покрытий этого вида.

Таблица 2.16

Стойкость основных видов лакокрасочных покрытий в условиях
воздействия различных агрессивных сред

Среда	Уровни стойкости покрытий						
	Битум- ные	Мас- ляные	Глиф- тале- вые	Пен- тафта- лиевые	Вини- ловые	Нитро- целлю- лозные	Эпок- сидные
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 (твёрдость, 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.

В обозначении такого покрытия в соответствии с ГОСТ 9.306–85 указывается:

- способ обработки основного металла (при необходимости); например: «хп» – химическое полирование, «мп» – механическое полирование, «крц» – крацевание (обработка металлическими щетками);
- способ получения покрытия (таблица 2.17);
- материал покрытия (таблица 2.18);
- минимальная толщина покрытия или пределы её изменения, мкм;
- марка электролита или раствора, из которого следует получать покрытие (при необходимости);
- функциональные или декоративные свойства покрытия (при необходимости); например: «б» – блестящее, «зк» – зеркальное, «тв» – твёрдое, «м» – молочное и др.;
- вид дополнительной обработки (при необходимости); например: «прм» – промасливание, «опл» – оплавление, «прп» – пропитка (лаком, клеем и т. д.).

Таблица 2.17

Обозначение технологических методов нанесения
металлических и неметаллических неорганических покрытий

Методы получения покрытия		Обозначение
Группа	Подгруппа	
Термические методы	горячий (в расплаве)	Гор
	вжигание	Вж
	наплавка	
Термомеханические	контактный	Кт
	Контактно-механический	Км
	плакирование	Пк
	детонационный	

Окончание табл. 2.17

Методы получения покрытия		Обозначение
Группа	Подгруппа	
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 2.18

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 распространённых гальванических покрытий и области их рационального применения приведены в таблице 2.19.

Таблица 2.19

Рекомендации по выбору некоторых химических и гальванических покрытий

Вид покрытия и примеры обозначения	Характеристика покрытия	Примеры применения
Хим. Окс. прм	Химическое окисное с промасливанием (чёрное, блестящее)	Стальные детали, работающие в масле, или в условиях сухой атмосферы. Покрытие декоративное, имеет невысокие защитные свойства.
Ан. Окс. хром	Анодно-окисное с хромированием (обработкой хромовым ангидридом)	Детали из алюминиевых сплавов. Покрытие обладает защитными и декоративными свойствами.
Хмол15	Хромовое, молочное, толщиной 15 мкм	Поверхности деталей, работающих на трение.
Х6.тв	Хромовое, толщиной 6 мкм, твёрдое	Покрытие имеет декоративные свойства.
Хим. Фос. прм	Химическое фосфатное с пропиткой маслом (чёрное)	Стальные детали, подлежащие окраске, подготовки перед волочением, накатыванием резьбы (для снижения трения), работающие в масле.
М24.Нд15.Х6.б	Трёхслойное: медь 24 мкм, никель двухслойный 15 мкм, хром 6мкм, блестящее	Стальные детали, работающие в агрессивной атмосфере, покрытие имеет высокие декоративные свойства.

Вид покрытия и примеры обозначения	Характеристика покрытия	Примеры применения
Н12.б	Никелевое, толщиной 12 мкм, блестящее	Слесарно-монтажный инструмент.
Кд21.хр	Кадмиевое, толщиной 21 мкм, с хромированием (толщина слоя менее 1 мкм)	Стальные детали, работающие в условиях влажной атмосферы, тропического климата.
О15	Оловянное, толщиной 15 мкм	Стальные тонкие листы для консервной тары (белая жечь), детали подвергаемые пайке.
М6	Медное, толщиной 6 мкм	Детали, подвергаемые пайке. В основном, покрытие медью используется в качестве подслоя при покрытии никелем, хромом.
М6.ОЗ	Оловянное с подслоем меди	Детали, подвергаемые пайке.
Ц12.хр	Цинковое толщиной 12 мкм с хромированием	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 нанесённого 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 полученного 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 и 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 трудоёмкостью 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 поливом, безвоздушным распылением, нанесением полимерных порошковых красок во взвешенном слое, окраской валиками или кистью. Окрашивание требует применения специальных окрасочных камер и вытяжных устройств, так как образующийся туман краски и пары растворителя токсичны и взрывоопасны. Выбор метода окрашивания зависит от типа производства, размеров и формы заготовки.

Наиболее распространено в производстве окрашивание распылением краски на мельчайшие частицы сжатым воздухом. Этот технологический метод покрытия позволяет наносить краску равномерно, без потёков даже в труднодоступных местах сложных по форме заготовок.

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 заготовок.

Если производить распыление краски в вакуумной камере, то снижается расход краски, улучшается качество покрытия за счёт отсутствия

газовых пузырей, быстрее происходит процесс сушки покрытия и значительно улучшаются условия труда.

Способы окрашивания *обливанием* или *окунанием* характеризуются простотой и доступной автоматизацией. Их применяют для мелких и средних деталей. При реализации этих методов иногда возникают натёки покрытия, которые могут быть устранены интенсивными механическими воздействиями после окунаания, например, встряхиванием, вибрацией или вращением заготовки.

Широко применяемым способом образования покрытия 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 плёнку.

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. Как правило, она включает 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 осаждённого металла на участке поверхности заготовки при электрохимическом покрытии 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 напряжённостью электрического поля у острых углов заготовки, особенностями рассеивающей способности электролита, различной его температурой и концентрацией в разных участках ванны, то на

поверхности заготовки толщина слоя покрытия также будет неравномерна (рис. 2.6, а).

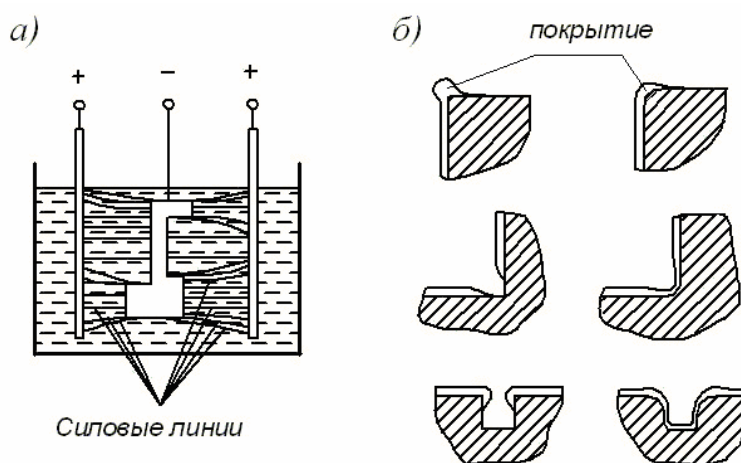


Рис. 2.6. Схема образования гальванического покрытия

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, то есть способность обеспечить равномерную плотность тока на поверхности заготовки при различном расстоянии участков её 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 изделиях, их описание; выполнение задания по подбору вида лакокрасочного и (или) металлического и

неметаллического неорганического покрытия изделия для выполнения конкретных эксплуатационных функций, подготовку отчёта.

Последовательность выполнения работы

1. Изучите теоретический материал о покрытиях, их характеристиках и технологиях нанесения.
2. Получите у преподавателя изделие с нанесённым на его поверхности покрытием и чертёж изделия с условным обозначением покрытия.
3. Опишите внешний вид покрытия, употребляя общепринятые технические термины из области понятия «покрытие» (металлическое, оксидное, органическое, блестящее, матовое, молочное, глянцевое 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 обозначение покрытия. Укажите последовательность подготовки поверхности и нанесения покрытия.
7. Подготовьте отчёт 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 транспортёра, работающего в условиях механического цеха.
 - 1.2. Внутренняя окраска бака для отстоя загрязнённой 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. Наружная и внутренняя поверхности 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. Крепёжные детали металлорежущих станков.

2.3. Крепёжные 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 металло-режущем станке.

2.10. Державки токарных резцов.

2.11. Провода для высокочастотных катушек индуктивности.

2.12. Поверхности контактов разъёмов аппаратуры ракетной ус-тановки.

2.13. Поверхности контактов разъёмов персональной ЭВМ.

2.14. Отражательные поверхности автомобильных фар.

2.15. Металлические наружные поверхности огнестрельного оружия.

Содержание отчёта

1. Наименование работы.

2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания.

3. Эскиз изделия с нанесённым покрытием, описание его вида, на-значения, последовательности нанесения и возможных альтернативных ва-риантов покрытия.

4. Выбор покрытия для изделия и обоснование принятого решения в соответствии с индивидуальным заданием.

5. Обозначение выбранного покрытия.

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.

Определённое внимание этим вопросам уделяется на лекциях по дисциплине «Технология конструкционных материалов», в ходе проведения лабораторных работ и на производственных практиках. Однако в связи с ограниченным объёмом лекций, а также многогранностью и сложностью используемой на производстве технологической оснастки этого совершенно недостаточно для формирования целостной системы знаний типов и разновидностей технологического оснащения материалообработки. К этому следует добавить, что по многим направлениям подготовки бакалавров и специальностям производственные практики ознакомительного типа учебными планами вообще не предусмотрены.

В этих условиях для обеспечения знаний студентов о металлообрабатывающем оборудовании, другой технологической оснастке и реализуемых на них современных технологиях чрезвычайную значимость приобретает демонстрационный метод обучения, 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 их работы. Особую значимость демонстрации такого рода приобретают при изучении студентами автоматизированного оборудования, станков с ЧПУ, гибких автоматизированных производств. Представленные в данном разделе пособия работы нацелены на решение именно этих задач.

В перечне материально-технического и учебно-методического обеспечения учебного процесса, разработанного Учебно-методическим советом Минобрнауки России по дисциплинам «Технология конструкционных материалов» и «Материаловедение», практически полностью отсутствуют

материалы подобного типа. Таким образом, преподаватели вузов должны самостоятельно разрабатывать демонстрационные материалы, руководствуясь имеющейся на предприятиях региона техникой и используемыми технологиями. В этом аспекте особую значимость представляют методические материалы, раскрывающие аспекты содержания кинофильмов и целостной методики проведения демонстрационного занятия.

Исходя из этого, в представленных далее двух работах 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 приёмы 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, развёртыванием, 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 и 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, развёртыванием;
- 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 её решения в отчёте.

Содержание материала видеофильма. Фильм состоит из трёх 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-измерительные инструменты;
- демонстрации обработки различных поверхностей заготовок с визуальным показом параметров качества обработанных поверхностей и характеристик достигаемых режимов обработки и аудитивным сопровождением показа.

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 отчёта 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 инструментов на станках.

Ограничения возможностей технологического метода по формообразованию заготовок, связанные с кинематикой метода 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 отчёта.

Индивидуальные задания

Содержание индивидуального задания: «Ответить на вопросы, поставленные по содержанию видеофильма».

Вопросы должны быть краткими и доступными для понимания, соответствовать уровню исходных знаний студента и отвечать далее перечисленным специфическим требованиям:

- иметь такое содержание, чтобы 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 ведения 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 «Библиографический список» 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.

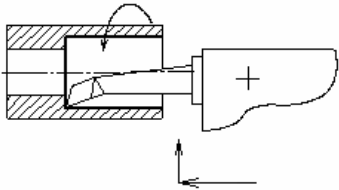
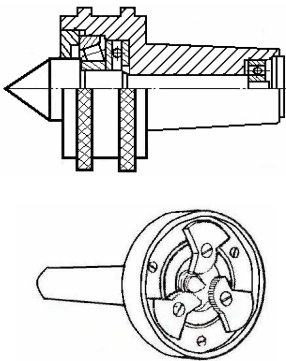
Число вопросов в индивидуальном задании должно быть не менее пяти. Перечень их должен быть достаточным для получения объективной оценки усвоения студентом содержания видеофильма и характеристик конкретного технологического метода обработки.

Индивидуальные задания 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	Вопросы	Графический материал к заданию
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.	б) 
	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 в столбце 4 приспособления. Дайте их названия, описание методики закрепления заготовки и область использования.	

1	2	3	4
	1.5	Дайте сопоставительную характеристику методов закрепления пластинок из инструментального материала на державке резцов.	
	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 отчёта

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, эскизами, относящимися к соответствующим технологическим методам обработки.

4. Перечень использованной литературы и информационных источников.

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 различных типов станков с ЧПУ, 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, сопоставление 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 её решения в отчёте.

Содержание материала видеофильма

Фильм состоит из четырёх 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 (производственного модуля, производственной линии, участка, завода-автомата) и полного цикла изготовления продукции в 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 транспортёров.

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 с ЧПУ* включает показ положения режущих инструментов на станках 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 линиях 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 преподавателем проблемы, ответы на вопросы студентов – 20 минут;
- инструктаж по содержанию отчёта 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 ЧПУ, 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 маршрутов в виде таблицы 3.2;

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 станков:)					
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 (узел задаётся преподавателем).

2. Подберите тип универсального оборудования, на котором можно осуществить аналогичные операции (технологические или вспомогательные переходы) при изготовлении детали.

3. Опишите различия в наладке универсального и автоматизированного оборудования для выполнения указанной операции (перехода).

4. Рассмотрите состав и опишите различия в длительности элементов штучно-калькуляционного времени, затрачиваемого на изготовление детали на универсальном станке и станке с ЧПУ, используя формулы и пояснения к ним, приведённые в работе 1.7.

Перечень конкретных индивидуальных заданий, привязанных к определённому типу автоматизированного оборудования, представленного в видеофильме, разрабатывает преподаватель по примеру таблицы 3.3 на основе содержания видеофильма и чертежа детали, изготовление которой демонстрируется при показе.

При подготовке заданий следует учесть приведённые в работе 3.1 требования к их содержанию и формулировкам.

Таблица 3.3

Индивидуальные задания

Номер задания	Тип станка с ЧПУ	Область автоматизации
1	Токарный с ЧПУ модели 16K20ФЗ	Автоматизация наладки станка.
2		Автоматизация загрузки и снятия заготовки.
3		Автоматизация измерения размеров.
4		Автоматизация смены инструмента.

Номер задания	Тип станка с ЧПУ	Область автоматизации
5	Токарный с ЧПУ модели 16K20Ф3	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	Многооперационный станок модели ...	
15		

Содержание отчёта

1. Название работы.
2. Название, реквизиты и структура видеофильма (части, разделы, темы с соответствующими заглавиями).
3. Чертёж 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 таблицы 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, обеспечивающий возможность реализации аналогичных технологических методов обработки (выбирается из оборудования, представленного в рамках различных лабораторных работ данного учебного пособия) и его характеристика.

6.3. Состав действий рабочего (оператора) универсального и автоматизированного оборудования по выполнению операции (технологического или вспомогательного перехода), указанного в задании (даётся 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 таблицы 3.4 и по приведённому 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. Установить трёхкулачковый патрон	τ_1	τ_{1y}	ручное	τ_{1a}	ручное	$\tau_{1y} = \tau_{1a}$

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	
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 подготовке ответов и отчёта по индивидуальному заданию используйте далее приведённые вопросы, требующие раскрытия тех или иных аспектов автоматизации и работы соответствующих устройств на станках с ЧПУ.

Вопросы и задания к описанию автоматизации установки и снятия заготовок со станка:

Какие функции должно обеспечить автоматическое устройство для установки заготовки на станок?

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 заготовки вала.

Чем определяется скорость движения промышленного робота и его узлов при установке заготовки?

Перечислите виды зажимных устройств, используемых при установке заготовки роботом.

Сколько степеней подвижности имеют промышленные роботы для установки заготовок?

Вопросы и задания к описанию автоматизации смены инструмента на металлорежущих станках с ЧПУ:

Чем определяется количество используемых инструментов при обработке заготовки на станке с ЧПУ?

Перечислите средства, используемые для автоматической смены инструментов.

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 заменявшихся в процессе обработки в демонстрировавшемся видеофильме. Опишите систему их закрепления в рабочем органе станка.

Вопросы и задания к описанию 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?

Возможен ли автоматический контроль профиля фасонного инструмента непосредственно на станке с ЧПУ?

Вопросы и задания к описанию автоматизации кинематики металлорежущих станков с ЧПУ:

В чем отличие механизмов подачи 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 трём координатам? Нарисуйте примеры таких поверхностей.

При обработке каких поверхностей на фрезерном станке нужно производить интерполяцию по четырём координатам? Нарисуйте примеры таких поверхностей.

При обработке каких поверхностей на фрезерном станке нужно 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.

Вопросы и задания к описанию 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 её элементов.

Какие функции выполняют рабочие при применении гибкого производственного модуля?

Каким образом заготовки попадают в паллеты в ориентированном виде?

От какой программы промышленный робот получает команду на снятие и установку заготовки?

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?

4. УЧЕБНЫЕ МАСТЕРСКИЕ

В группе технологических методов обработки заготовок методу резания отводится особое место. Этот метод из всей группы технологических методов обработки заготовок в настоящее время при изготовлении деталей является самым распространённым.

Резанием называют процесс снятия с заготовки поверхностного слоя и удаление его в виде стружки. Главная цель обработки резанием состоит в получении детали заданной формы, размеров и качества поверхностного слоя, которое характеризуется чаще всего значениями одного или нескольких параметров шероховатости обработанной поверхности.

Группа технологических методов обработки резанием многочисленна. Перечень их определяется разнообразием форм поверхностей деталей, параметров их точности и шероховатости. К методам обработки заготовок резанием относят технологические методы точения, фрезерования, сверления, зенкерования, развёртывания, 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 распространённом универсальном технологическом оборудовании.

Данная группа работ практикума по дисциплине «Технология конструкционных материалов» включает ряд практических занятий студентов, выполняемых на токарных, фрезерных, сверлильных станках и методами слесарной обработки заготовок.

Изготовление детали на рабочем месте осуществляется путём выполнения рабочим действий, следующих в определённой 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 и режимы обработки, приспособления и инструмент. Разработку таких документов, называемых технологической документацией, осуществляет технолог. Упрощённая документация изготовления детали,

используемая при проведении учебных мастерских, представлена далее в виде таблицы 4.1, названной нами технологической картой последовательности изготовления детали.

Таблица 4.1

Технологическая карта последовательности изготовления
детали «_____»

Оборудование: _____ станок 		

Учебные мастерские как форма организации занятий в рамках освоения дисциплины «Технология конструкционных материалов» 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 дисциплине: учебные мастерские должны предшествовать выполнению лабораторных работ.

В связи с этим, если рабочая программа дисциплины «Технология конструкционных материалов» предусматривает проведение учебных мастерских, то часть теоретического материала, необходимого для выполнения этого вида практических занятий, должна быть изучена студентами по разделам «Общие сведения» лабораторных работ 1.1, 1.2 и 1.3. К этим материалам относятся сведения о видах токарных (фрезерных, сверлильных) работ и инструментах, об устройстве токарного (фрезерного, сверлильного) станка, приспособлений и наладке оборудования.

4.1. ТОЧЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ И ПОДРЕЗАНИЕ ТОРЦОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ТОЧЕНИЕ 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 подрезания торцовых поверхностей, вытачивания канавок и разрезания заготовок на токарно-винторезном станке.

Содержание работы

Каждому студенту предоставляется индивидуальное рабочее место, являющееся определённым участком производственной площади учебных мастерских, на которой размещается токарно-винторезный станок и другие устройства, необходимые для выполнения работы.

В содержание работы студента входят перечисленные далее упражнения.

Упражнения в управлении токарно-винторезным станком. Пуск и остановка электродвигателя станка. Включение и выключение привода главного движения и привода движений подачи. Установка заготовок в трёхкулачковом самоцентрирующем патроне и в центрах. 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 подрезание торцовых поверхностей. Точение цилиндрической поверхности на заданную глубину резания с механической подачей резца при установке заготовки в патроне. Подрезание торца. Контроль размеров обработанных поверхностей штангенциркулем.

Обработка цилиндрических отверстий. Выбор, установка и закрепление сверла в сверлильном патроне и в пиноли задней бабки. Подготовка торцевой 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 всё лишнее, подготовить и аккуратно разложить инструменты и приспособления; сложить заготовки в предназначенный для них ящик.

3. Проверить состояние станка: убедиться в надёжности 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. Надёжно устанавливать и закреплять инструменты, приспособления и заготовки.

2. Не пользоваться неисправными или значительно изношенными приспособлениями и ключами.

3. Не производить установку и снятие заготовок и инструментов, измерение детали, регулировку, чистку и смазку узлов на работающем станке.

4. Удалять со станка стружку только специальным крючком, щёткой или скребком.

5. Не облакачиваться на станок и не прижиматься к нему во время работы.

6. Работать в очках или пользоваться экраном для защиты глаз от стружки.

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 решётку.

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 со станком 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 сообщать 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 элементами технологической системы по демонстрационным стендам.

2. Изучите устройство и назначение токарно-винторезного станка модели 16K20 (см. работу 1.1).

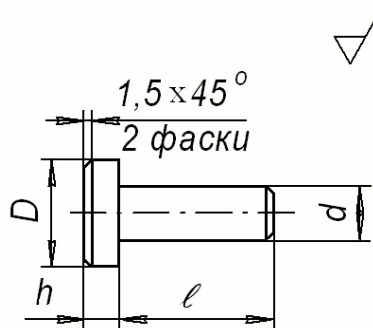
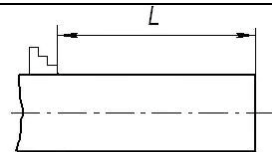
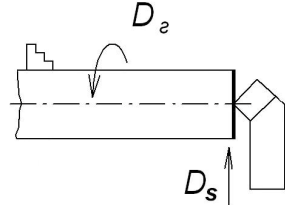
3. Прослушайте вводный инструктаж мастера. Проследите за выполнением на станке учебным мастером следующих токарных работ: точение цилиндрической поверхности, подрезание торца, сверление отверстия, точение канавки и отрезание заготовки.

4. Выполните упражнения по точению цилиндрической поверхности, подрезанию торца, точению канавки и отрезанию заготовки в соответствии с текущим инструктажем учебного мастера.

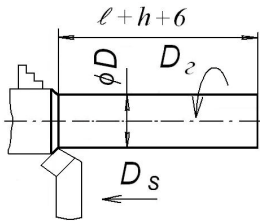
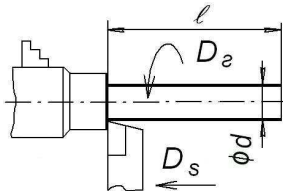
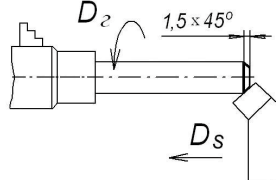
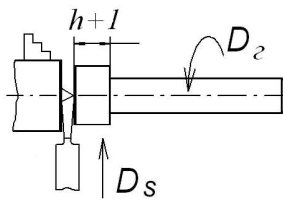
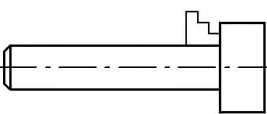
5. Получите и выполните индивидуальное задание по самостоятельному изготовлению заготовки болта по эскизу и технологической карте, приведённой в таблице 4.2.

Таблица 4.2

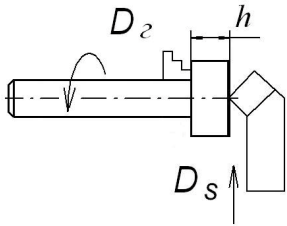
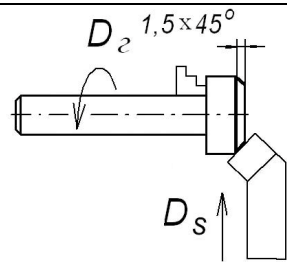
Технологическая карта изготовления детали «Заготовка болта»

Оборудование: токарно-винторезный станок модели 16K20			Размер, мм	Номер варианта		
Эскиз детали: «Заготовка болта»  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		————— (измеряется при получении задания)
№ пе- ре- хода	Содержание перехода	Эскиз перехода	Режущий инстру- мент	Режим резания	Измери- тельные инстру- менты	
1	2	3	4	5	6	
1	Установить и закрепить заготовку.				Линейка, 0–100 мм.	
2	Подрезать торец «как чисто».		Резец проход- ной ото- гнутый	t = 1-2 мм, n = 350 об/мин, подача – ручная		

Продолжение табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
3	Точить поверхность, выдерживая размеры $\varnothing D$ и длину $l + h + 6$ мм.		Резец проходной	$t = 2$ мм, $n = 350$ об/мин, $S_o = 0,12$ мм/об, число рабочих ходов – i	Штангенциркуль, 0–160 мм.
4	Точить поверхность, выдерживая размеры $\varnothing d$ 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.
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.				

Окончание табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
8	Подрезать то- рец, выдержи- вая размер h		Резец про- ходной отогнутый	$t = 1$ мм, $n = 355$ об/мин, подача – $S_0 = 0,12$ мм/об	Штанген- циркуль, 0–160 мм.
9	Точить фаску $1,5 \times 45^0$		Резец про- ходной отогнутый	$n = 350$ об/мин; подача – ручная	Штанген- циркуль, 0–160 мм
10	Раскрепить и снять заготов- ку.				

6. Измерьте размеры изготовленной детали, сдайте готовую продук-
цию учебному мастеру и прослушайте его итоговый инструктаж.

7. Выполните отчёт в соответствии с индивидуальным заданием.

Содержание отчёта

1. Название работы.
2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального зада-
ния (см. таблицу 4.2).

Задание: «Указать основные характеристики станка 16K20, описать последовательность изготовления детали, привести данные о параметрах режима резания и технологической оснастке, записать результаты измере-
ния размеров изготовленной детали».

3. Характеристика станка 16K20: наименование, модель, технологи-
ческие возможности, части и узлы станка.

4. Виды движений узлов станка (в виде таблицы 4.3).

5. Эскиз изготавливаемой детали «Заготовка болта» (по таблице 4.2).

6. Последовательность обработки заготовки.

Даётся в виде перечня переходов, записываемых по форме таблицы 4.2.

Таблица 4.3

Узлы станка и размерность скорости их движений

№ п/п	Движущийся узел	Вид движения резания	Назначение движения	Размерность скорости движения

Примечания. 1. Виды движения резания: вращательное, поступательное (продольное, поперечное). 2. Назначение движения: главное движение, движение подачи.

7. Эскиз технологического перехода с указанием получаемого размера и шероховатости поверхности (даётся по заданию преподавателя).

8. Перечень применяемых при выполнении технологического перехода приспособлений, режущих и измерительных инструментов.

9. Результаты контроля размеров изготовленной детали, представленные в форме таблицы 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 конических поверхностей и нарезание резьб резцами; умения выбирать метод токарной обработки конической поверхности в зависимости от её 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 конических поверхностях

Наряду с цилиндрическими деталями в машиностроении получили широкое распространение детали с коническими поверхностями, например, токарные центры (см. рис. 1.11, *б*, *в*), свёрла, зенкеры, развёртки (см. рис. 1.23), переходные втулки.

Конус представляет собой геометрическое тело, поверхность которого получается вращением прямой линии (образующей), расположенной наклонно к оси вращения тела.

Точка пересечения образующей с осью конуса называется *вершиной*, а плоскости, перпендикулярные к его оси — *основаниями*. Различают полный и усечённый конусы. Полный конус расположен между основанием и вершиной, усечённый — между двумя основаниями (большим и меньшим).

Конус характеризуется следующими элементами: диаметрами большего D и меньшего d оснований, длиной ℓ , уклоном или углом уклона $\alpha/2$ между образующей и осью, конусностью и углом конуса α между противоположными образующими.

Конусность 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 характеристики полного конуса достаточно знать два элемента: диаметр основания и длину; для усечённого конуса — три элемента: диаметры большего и меньшего оснований и длину. Вместо одного из указанных элементов может быть задан уклон, угол уклона $\alpha/2$ 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 развёрток и зенкеров с конусностью 1 : 30; конусные отверстия

под конические штифты с конусностью 1:50, конусные отверстия для конических резьб, конусность которых равна 1:16.

При изготовлении конических поверхностей, также как и цилиндрических, 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 её к оси под нужным углом уклона.

Получение конических поверхностей на токарном станке выполняют следующими способами (см. работу 1.1): широким резцом проходного типа, поворотом верхних салазок суппорта и методом смещения корпуса задней бабки (см. рис. 1.9). В работе 1.1 представлены основы наладки токарного станка на обработку конических поверхностей этими методами.

При всех способах точения конических поверхностей резцы следует устанавливать строго на уровне высоты центров станка. В противном случае возможен брак, так как образующая конуса может получиться криволинейной.

Годность конических поверхностей изделия можно определять поэлементно или комплексно. Первый метод применяют преимущественно при изготовлении конусов невысокой точности. В этом случае каждый элемент конической поверхности измеряют отдельно штангенциркулем, угломером или проверяют шаблоном. Для измерения углов уклона $\alpha/2$ или конуса α пользуются универсальным угломером. Он предназначен для измерения наружных углов в пределах от 0 до 180°.

Комплексным методом пользуются при изготовлении деталей с точными сопрягаемыми коническими поверхностями. Такую проверку выполняют коническими 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.

Степень взаимного прилегания 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 конической частью плотно вводят в коническое отверстие и проворачивают. По характеру истирания рисков судят о годности детали. Форма конической поверхности считается правильной, если риски истираются равномерно по длине. Точность наружного конуса проверяется калибром-втулкой аналогично.

При изготовлении конических поверхностей 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 корпуса задней бабки; разная длина заготовок; неправильная установка углового резца.

3. Неверные диаметры конуса при правильной конусности. Причины: неточная длина конического участка детали, ошибки при отсчёте установки резца на размер по лимбу. В некоторых случаях такой вид брака можно исправить подрезкой торца детали.

4. Увеличенная шероховатость конической поверхности. Причины: неправильно выбрана подача резца или его геометрические параметры, износ режущего инструмента.

Общие сведения о резьбах

Резьба представляет собой винтовую канавку определённого профиля, прорезанную на цилиндрической или конической поверхности. На токарных станках резьбу выполняют посредством двух согласованных движений — вращения заготовки и поступательного перемещения режущего инструмента вдоль её оси (см. рис. 1.7).

Применяемые резьбы делят на ряд групп:

по расположению — на наружные и внутренние;

по назначению — на крепёжные 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 крепёжных резьб с треугольным профилем:

метрические, дюймовые, трубные.

Метрическая резьба — основной вид крепёжной резьбы, применяемый в отечественном машиностроении. Все размеры резьб этой группы выражены в миллиметрах, угол профиля равен 60° .

Дюймовые резьбы имеют размеры, выраженные в дюймах, шаг резьбы характеризуется числом ниток на 1 дюйм, угол профиля составляет 55° .

Трубные резьбы предназначены для соединения трубопроводов. Они отличаются от дюймовой резьбы более мелким шагом и имеют закруглённые вершины профиля.

На станках токарной группы для изготовления резьб используют разнообразный режущий инструмент: резцы, метчики, плашки, гребёнки, резьбонарезные головки. Чаще всего для этой цели используют 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 они нарезают только 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 нельзя.

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. 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 крепёжных резьб диаметр сверла находят по соответствующим таблицам справочников.

Для выхода резца в конце нарезаемого участка 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 участок недорезанной по глубине профиля резьбы, называемый *сбегом резьбы*.

Наладка станка на нарезание резьбы и методы контроля качества резьб

Особенности наладки токарно-винторезного станка на нарезание резьбы резцом связаны с установкой на станок резьбового резца, наладкой режима резания, подбором и наладкой гитары сменных зубчатых колёс 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 нарезание стандартных резьб с помощью коробки подач 3 (см. рис. 1.10) и гитары сменных зубчатых колёс 2. Для нарезания резьб с точными шагами и специальных резьб используют лишь гитару сменных зубчатых колёс. В этом случае вращение от шпинделя 5 на ходовой винт 12 осуществляется через сменные колёса гитары. Настройку выполняют подбором и установкой в гитаре колёс 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 расположенной за резьбой канавки и обратным вращением ходового винта станка возвращают суппорт с резцом в исходное положение.

В процессе нарезания резьбы могут возникнуть различные виды брака, причины которого надо своевременно устранять. К видам брака относят следующие неточности размеров и (или) низкое качество резьбовых поверхностей:

1. Резьба имеет профиль не полной высоты (вершины выступов резьбы притуплены). Причины появления могут быть вызваны большим занижением диаметра стержня или завышением диаметра отверстия под резьбу.

2. Нарезана рваная, нечистая, с заусенцами на профиле резьба. Причины низкого качества боковых поверхностей могут быть вызваны работой затупившимся инструментом, ошибкой в выборе или заточке геометрических углов резца, неправильным выбором смазывающе-охлаждающей жидкости, большой вязкостью обрабатываемого металла, завышением скорости резания.

3. Наличие срывов вершин резьбы. Причина — неправильная подготовка поверхностей заготовок под резьбу (неверный выбор их диаметра без учёта возможного выдавливания металла в процессе нарезания резьбы).

4. Перекос профиля резьбы. Этот вид брака резьбовой поверхности может быть вызван неправильной заточкой или установкой резьбового резца, а при нарезании плашкой — её перекосом во время врезания.

5. Имеет место завышение или занижение диаметров резьбы. Основные причины в данном случае связаны, в основном, с неточностями выбора величины переднего угла резца при заточке или неправильной настройкой его на средний диаметр резьбы.

Резьба представляет собой сложную поверхность, характеризующуюся несколькими элементами, каждый из которых требует своего способа контроля. Для определения точности выполнения резьбы используют два метода: поэлементный, когда каждый её элемент измеряют отдельно, и комплексный, когда контроль всех элементов ведётся одновременно.

Шаг резьбы с относительно высокой точностью можно измерить линейкой. Линейку 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 выпускают для метрических резьб с углом профиля 60° и дюймовых — с углом 55° . При проверке резьбы к ней поочередно прикладывают разные шаблоны и определяют на просвет совпадение профилей резьбы и шаблона.

Комплексный метод контроля резьбы осуществляют резьбовым калибром-пробкой и калибром-кольцом.

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 сторона имеет укороченный профиль резьбы на двух — трёх витках и контролирует только средний диаметр. Для контроля пробку ввёртывают в резьбовое отверстие, при этом проходная сторона должна свободно войти в отверстие, непроходная — не входить в него.

Аналогичный способ контроля наружной резьбы реализуют с помощью комплекта резьбовых колец.

Содержание работы

Работа проводится на токарно-винторезном станке. Каждому студенту предоставляется индивидуальное рабочее место. В содержание работы входят следующие практические работы.

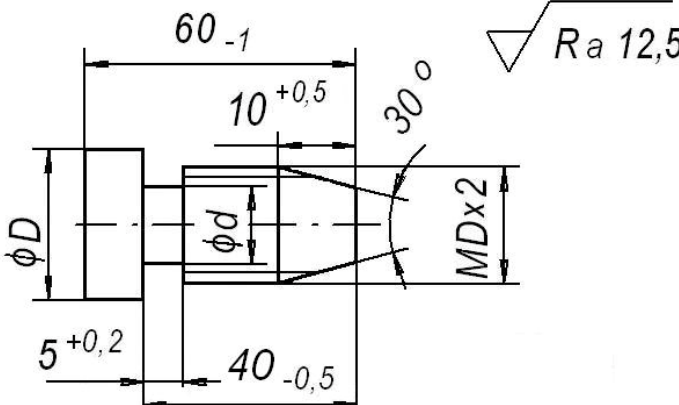
Точение конических поверхностей. Обработка широким резцом. Обработка способом поворота верхних салазок суппорта. Обработка смещением корпуса задней бабки. Контроль конических поверхностей угломером и калибрами.

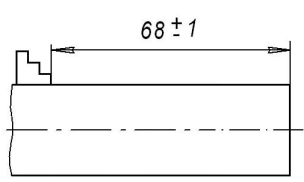
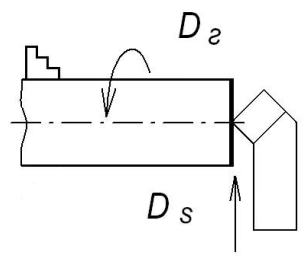
Нарезание резьбы. Подготовка поверхности для нарезания наружной и внутренней резьб. Установка резца при нарезании и нарезание метрической резьбы. Проверка и измерение резьбы. Нарезание трапецеидальной и многозаходной резьб.

Учебно-практическая работа. Изготовление детали «Ступенчатый валик» по заданным чертежом параметрам детали и технологической карте, определяющей последовательность обработки заготовки (таблица 4.5).

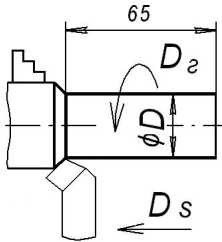
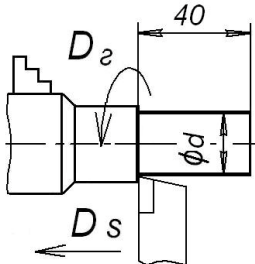
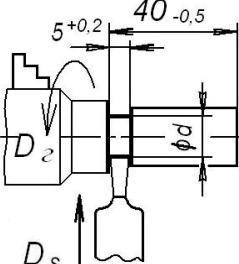
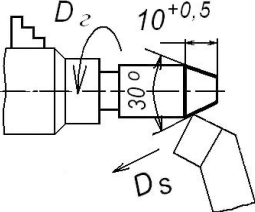
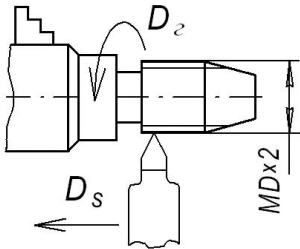
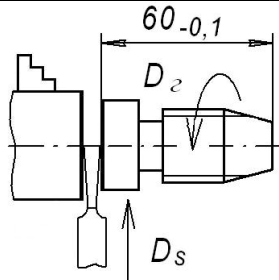
Таблица 4.5

Технологическая карта изготовления детали «Валик»

Оборудование: токарно-винторезный станок модели			Размер, мм	Номер варианта		
Эскиз детали  Заготовка – пруток. Материал: сталь Ст 3.				1	2	
				D	$42_{-0,3}$	$35_{-0,2}$
				MD	$M42 \times 2$	$M35 \times 2$
				d	$38_{-0,2}$	$31_{-0,2}$
			Диаметр заготовки	45	40	

№ пе- ре- хода	Содержание перехода	Эскиз перехода	Режущий инстру- мент	Режим резания	Измери- тельные инстру- менты
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	

Продолжение табл. 4.5

1	2	3	4	5	6
3	Точить поверхность, выдерживая размеры $\varnothing D$ и 65 мм.		Резец проходной отогнутый, Т5К10	$t = 2$ мм, $v = 125$ м/мин, $S_o = 0,12$ мм/об, Число рабочих ходов – i	Штангенциркуль, 0–100 мм.
4	Точить поверхность, выдерживая размеры $\varnothing d$ и 40 мм.		Резец проходной упорный, Т5К10	$t = 2$ мм, $v = 125$ м/мин, $S_o = 0,12$ мм/об	Штангенциркуль, 0–100 мм.
5	Точить канавку, выдерживая размеры d и $5^{+0,2}$, $40_{-0,5}$.		Резец отрезной, Р6М3	$v = 25$ м/мин, подача – ручная.	Штангенциркуль, 0–100 мм.
6	Точить конус, выдерживая размеры $10^{+0,5}$ и угол 30° .		Резец проходной отогнутый, Т5К10	$t = 1,5$ мм, $v = 125$ м/мин, подача – ручная.	Штангенциркуль, 0–100 мм; угломер.
7	Нарезать резьбу $MD \times 2$.		Резец резьбовой, Р6М3	$v = 15$ м/мин, $S_o = 2$ мм/об; $t = 0,5$ мм	Резьбовое кольцо-калибр.
8	Отрезать деталь, выдерживая размер 60_{-1} .		Резец отрезной, Р6М3	$v = 25$ м/мин, подача – ручная.	Штангенциркуль, 0–100 мм.

1	2	3	4	5	6
9	Раскрепить, снять деталь.				

Техника безопасности при нарезании резьб

Кроме общих правил безопасной работы на токарных станках при нарезании резьб необходимо соблюдать дополнительные меры предосторожности.

1. Следует надёжно закреплять патрон на шпинделе во избежание самоотвинчивания при реверсировании вращения шпинделя.
2. Нельзя работать на станке с неисправными или неотрегулированными 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 конических поверхностей, 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 конической поверхности широким резцом и поворотом верхнего суппорта в соответствии с текущим инструктажем учебного мастера.
4. Получите и выполните индивидуальное задание по самостоятельному изготовлению ступенчатого валика с конической поверхностью по чертежу и технологической карте, приведёнными в таблице 4.5.
5. Проконтролируйте размеры изготовленной детали, сдайте готовую продукцию учебному мастеру и прослушайте его итоговый инструктаж.
6. Выполните отчёт по индивидуальному заданию.

Содержание отчёта

1. Наименование работы.

2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (см. таблицу 4.5).

Задание: «Описать последовательность изготовления детали, привести данные о параметрах режима резания при наладке станка на нарезание резьбы (или обтачивание конической поверхности) и технологической оснастке, дать результаты измерения размеров изготовленной детали».

3. Чертёж ступенчатого валика.

4. Последовательность обработки заготовки.

Даётся в виде перечня технологических и вспомогательных переходов.

5. Эскиз технологического перехода с указанием получаемого размера и шероховатости поверхности (даётся по заданию преподавателя из переходов 5 и 6).

6. Описание последовательности и расчёты 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);

— расчёт числа рабочих ходов i , необходимых для обработки указанной преподавателем поверхности заготовки.

7. Перечень применяемых при выполнении технологического перехода приспособлений, режущих и измерительных инструментов.

8. Результаты контроля размеров изготовленной детали, представленные в форме таблицы 4.6.

9. Выводы.

Таблица 4.6

Результаты измерения детали

Размеры	D , мм	d , мм	MD	Конкретные размеры				
по чертежу				60_{-1}	$5^{+0,1}$	$35_{-0,5}$	$10^{+0,5}$	30^0
действительные								

4.3. ФРЕЗЕРОВАНИЕ ПЛОСКОСТЕЙ И УСТУПОВ

Цель работы: знания видов фрезерных работ, типов фрез 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 на заготовках горизонтальные и вертикальные поверхности и уступы.

Общие сведения

Фрезерование — технологический метод обработки заготовок инструментом – фрезой. Фреза является многолезвийным режущим инструментом, 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 колёс», «шпоночная канавка» и пр. (см. рис. 1.14) 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-го квалитетов точности и шероховатость поверхностей с параметром Ra до 2,5 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 возможным 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. 1.15). 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 фрезу можно устанавливать под заданным углом к вертикали путем поворота узла станка, называемого шпиндельной головкой. Таким станком является вертикально-фрезерный станок, представленный на рисунке 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.

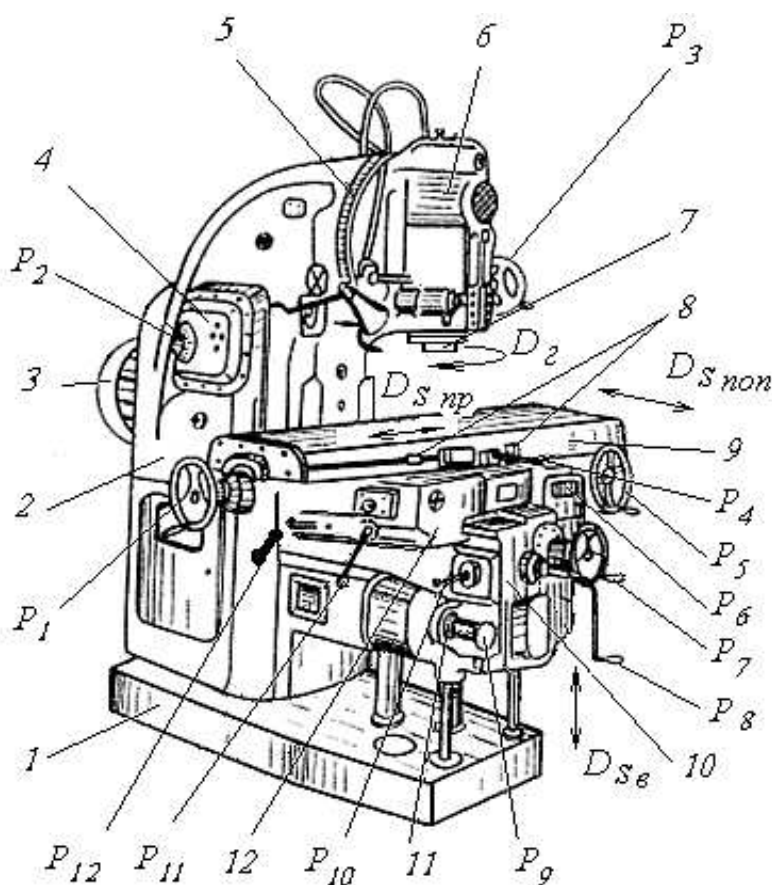


Рис. 4.1. Общий вид вертикально-фрезерного станка

По направляющим станины в вертикальном направлении может перемещаться консоль 10 (вертикальное движение подачи D_{S_6}), 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 $D_{S_{non}}$, устанавливаемой непосредственно на столе станка или в специальном приспособлении. Продольную подачу заготовки реализуют перемещением стола станка по направляющим поперечных салазок маховичками P_1 или P_5 .

Управление станком. Вертикально-фрезерные станки относят к группе станков с ручным управлением. Подключение станка к электросети осуществляют поворотом рукоятки пакетного переключателя, расположенного на правой стороне станины (на рисунке не показан), 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 маховичков соответственно P_1 или P_5 , P_7 , P_8 , оснащённых отсчётными устройствами — лимбами, выполненными в виде градуированных колец.

Механическое продольное движение стола 9 станка включают рукояткой P_4 , перемещая её в направлении необходимого движения. Длину перемещения устанавливают с помощью упоров 8, ограничивающих величину хода стола отключением движения подачи из-за возврата (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 её из нейтрального положения в направлении требуемого перемещения заготовки.

Значения подач продольного стола, поперечных салазок и консоли станка устанавливают рукояткой P_9 выдвижением её 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 маховичка P_3 можно перемещать в вертикальном направлении шпиндель станка с инструментом, что используют для установки фрезы в определённое положение относительно заготовки и для установки глубины фрезерования.

С целью увеличения жёсткости конструкции станка путём 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 движения стола станка.

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 и уступов. Фрезерование горизонтальных и вертикальных плоскостей на заданную глубину резания с механической подачей стола при установке заготовки в тисках. Фрезерование уступов. Проверка размеров и расположения 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, определяющей последовательность обработки (таблица 4.7).

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 фрезерным станком, 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, приведённым в таблице 4.7.

Рассчитайте параметры режима резания для указанных в таблице 4.7 по Вашему варианту значений размеров детали и заготовки для наладки станка, используя условные обозначения параметров режима фрезерования, указанные на рис. 1.14, z , e , n , и формулы (1.8) – (1.10) .

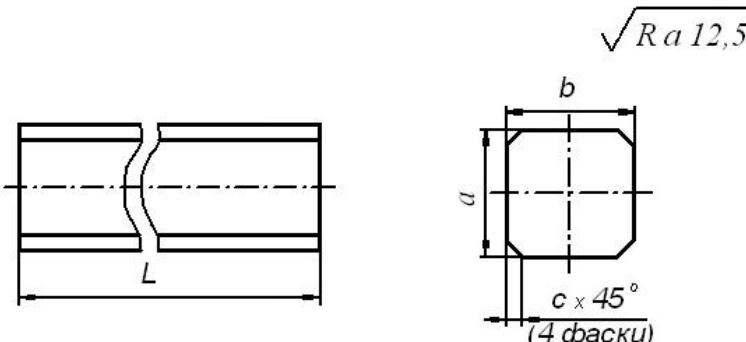
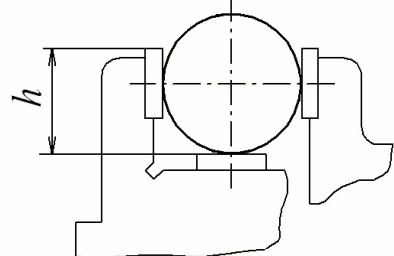
6. Проконтролируйте размеры изготовленной детали, сдайте готовую продукцию учебному мастеру и прослушайте его итоговый инструктаж.

Содержание отчёта

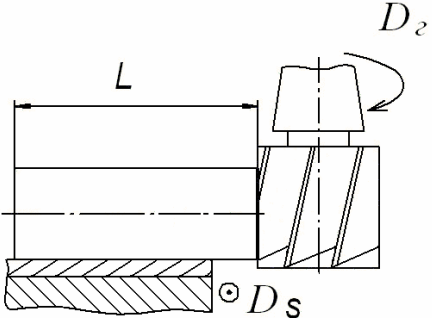
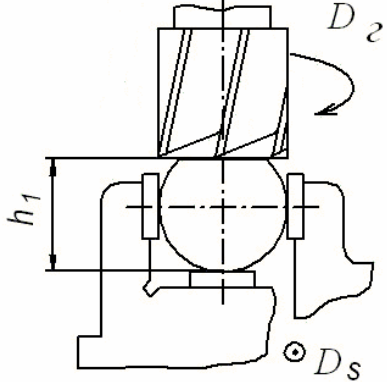
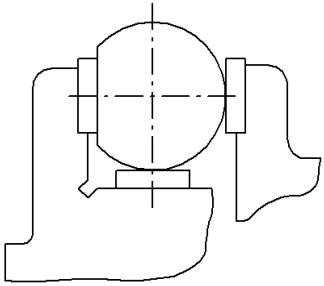
1. Наименование работы.
2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (см. таблицу 4.7).

Технологическая карта последовательности изготовления детали «Брусок»

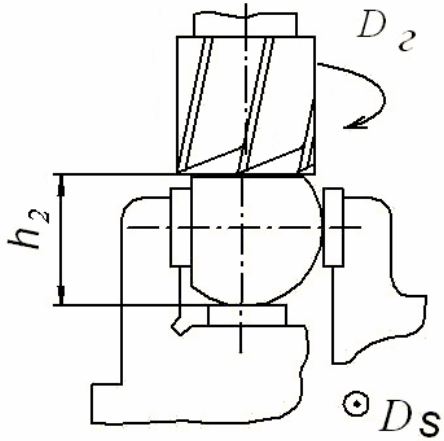
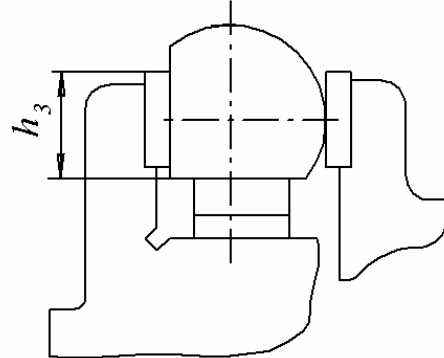
Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10

Эскиз детали «Брусок»				Обозначение размера	Размер, мм			
 Заготовка: диаметр - D, длина - 125 мм; материал – сталь Ст. 3					Варианты заданий			
					1	2	3	
					a	$30_{-0,2}$	$30_{-0,2}$	$20_{-0,15}$
					b	$30_{-0,2}$	$20_{-0,15}$	$20_{-0,15}$
					c	5	4	3
					$D \times L$	45×120	45×120	30×120
№ п/п	Наименование перехода	Эскиз перехода	Инструмент: режущий, вспомогатель- ный	Приспособ- ления	Режим резания	Измеритель- ный инструмент		
1	2	3	5	6	7	8		
1	Установить и закрепить заготовку, выдерживая размер $h = D/2 + 5$ мм.			Машинные тиски, подкладки		Штанген-циркуль, 0–160 мм		

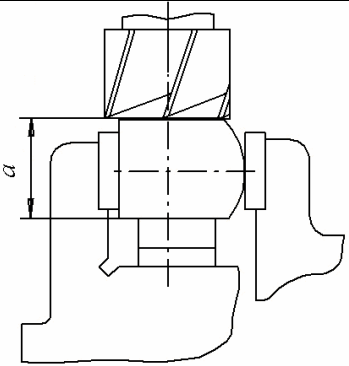
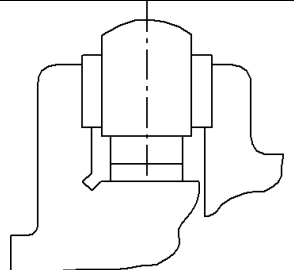
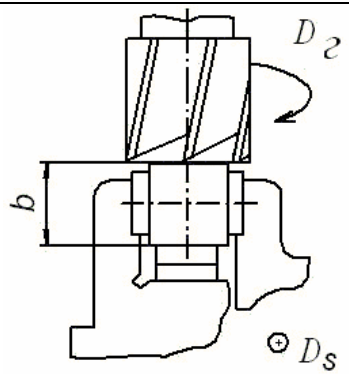
Продолжение табл. 4.7

1	2	3	5	6	7	8
2	Фрезеровать торец заготовки, выдерживая размер L .		Концевая фреза, P6M5, $D\phi = 35$, $z = 6$; переходная втулка, натяг	Машинные тиски, подкладки	$v = 12$ м/мин; $t = 2,5$ мм, $S_z = 0,1$ мм/зуб. число рабочих ходов – 2;	Штангенциркуль 0–160 мм
3	Фрезеровать плоскость, выдерживая размер $h_1 = D/2 + a/2$.		—//—	—//—	$v = 12$ м/мин; $B = 2$ мм, $S_z = 0,1$ мм/зуб; число рабочих ходов – i (определяется в зависимости от варианта задания)	Штангенциркуль 0–160 мм
4	Раскрепить заготовку, повернуть на 90° , закрепить заготовку.			Машинные тиски, подкладки		

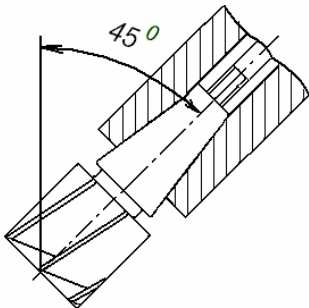
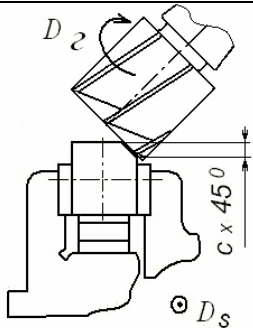
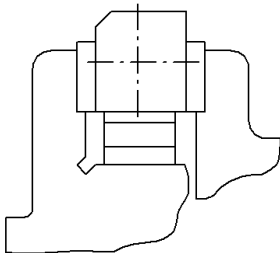
Продолжение табл. 4.7

1	2	3	5	6	7	8
5	Фрезеровать вторую грань заготовки, выдерживая размер $h_2 = D/2 + b/2$.		Концевая фреза, P6M5, $D\phi = 35$, $z = 6$; переходная втулка, натяг	Машинные тиски, подкладки	$v = 12$ м/мин; $B = 2$ мм, $S_z = 0,1$ мм/зуб; число рабочих ходов – i (определяется в зависимости от варианта задания)	Штангенциркуль 0–160 мм
6	Раскрепить заготовку, повернуть на 90° , закрепить заготовку, выдерживая размер $h_3 = a/2 + 5$ мм.			Машинные тиски, подкладки		Штангенциркуль 0–160 мм

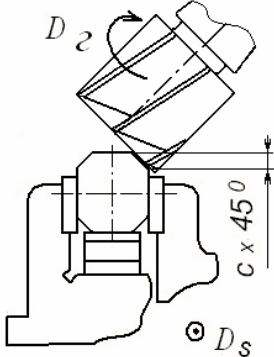
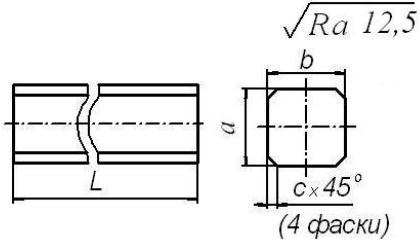
Продолжение табл. 4.7

1	2	3	5	6	7	8
7	Фрезеровать третью грань заготовки, выдерживая размер a .		Концевая фреза, P6M5, $D\phi = 35$, $z = 6$; переходная втулка, натяг	Машинные тиски, подкладки	$v = 12$ м/мин; $B = 2$ мм, $S_z = 0,1$ мм/зуб; число рабочих ходов –	Штангенциркуль 0–160 мм
8	Раскрепить заготовку, повернуть на 90° , закрепить заготовку.			- // -		
9	Фрезеровать четвертую грань заготовки, выдерживая размер b .		Концевая фреза, P6M5, $D\phi = 35$, $z = 6$; переходная втулка, натяг	- // -	$v = 12$ м/мин; $B = 2$ мм, $S_z = 0,1$ мм/зуб; число рабочих ходов – i	Штангенциркуль 0–160 мм

Продолжение табл. 4.7

1	2	3	5	6	7	8
10	Повернуть шпиндельную головку на 45° .					
11	Фрезеровать фаску в размер $c \times 45^{\circ}$.		Концевая фреза, Р6М5, переходная втулка, натяг	Машинные тиски, подкладки	$v = 12$ м/мин; $S_z = 0,1$ мм/зуб; число рабочих ходов – 1	Штангенциркуль 0–160 мм
12	Раскрепить заготовку, повернуть на угол 45° , закрепить заготовку.			Машинные тиски, подкладки		

Окончание табл. 4.7

1	2	3	5	6	7	8
13–16	Повторить переходы 11–12, фрезеровать оставшиеся три фаски, выдерживая размеры $c \times 45^\circ$.		Концевая фреза, Р6М5, переходная втулка, натяг	Машинные тиски, подкладки	$v = 12$ м/мин; $S_z = 0,1$ мм/зуб; число рабочих ходов – 1.	Штангенциркуль 0–160 мм
17	Раскрепить, снять деталь, контролировать размеры.					Штангенциркуль 0–160 мм

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 таблицы 4.8).

Таблица 4.8

Узлы станка и размерность скорости их движений

№ п/п	Движущийся узел	Вид движения	Назначение движения	Размерность скорости движения

5. Чертёж изготавливаемой детали «Брусок» (см. таблицу 4.7).

6. Эскиз технологического перехода с указанием получаемого размера и шероховатости обработанной поверхности (даётся по заданию преподавателя).

7. Расчёт 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 таблицы 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, приёмов 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 объём 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, в том числе, разметки, рубки, правки и гибки, разрезания и опилования, сверления, зенкерования и развёртывания, шабрения, притирки и доводки, клёпки, паяния, лужения. 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 определённой частью производственной площади слесарного участка учебных мастерских, на котором размещается слесарный верстак, оснащённый 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 работающего следует использовать деревянные щитки, которые устанавливают под ноги работающего.

2. Рабочее место должно быть хорошо освещено дневным или электрическим светом. Лампу 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 тяжёлой травме.

7. Заготовка должна быть прочно закреплена в тисках, а во время её 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 смёточной щёткой.

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 приёмов 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 отчёт в соответствии с индивидуальным заданием.

Содержание отчёта

1. Содержание отчёта по упражнению.

1.1. Наименование работы.

1.2. Формулировка и исходные данные индивидуального задания.

Задание: «Описать технологию слесарной обработки заготовки, характеристики используемого оборудования и оснастки и привести 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».

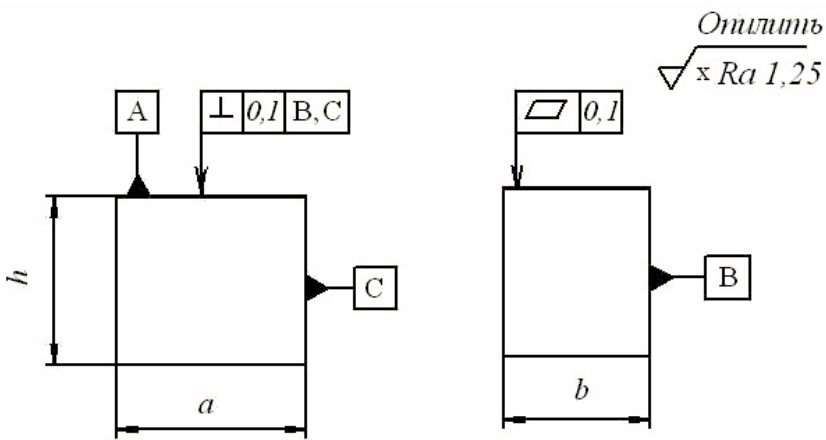
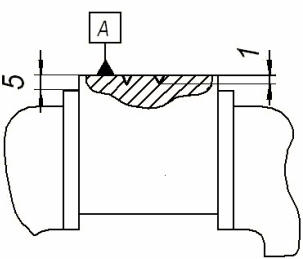
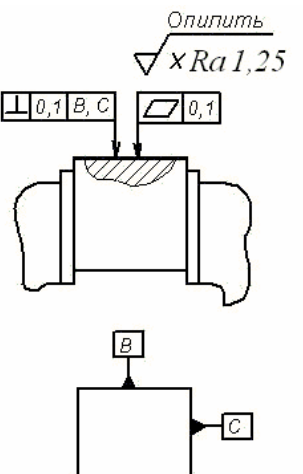
2.3. Чертёж изделия «.....».

2.4. Перечень технологических методов слесарной обработки, используемых при изготовлении изделия.

2.5. Характеристика технологического оборудования: наименование, модель, технологические возможности, части и узлы станка.

Таблица 4.10

Технологическая карта последовательности опилования плоскости

Технологический эскиз опилования плоскости бруска					
 Материал: сталь Ст. 3 Заготовка – брусок: $a \times b \times h$ На поверхности <i>A</i> нанесены керны (3–4 углубления) глубиной до 1 мм.					
Но- мер пере- хода	Содержа- ние перехода	Эскиз перехода	Режущий инструмент и оснастка	Режим обра- ботки	Измери- тельный инстру- мент
1	Установить и закреп- ить заго- товку.		Верстак, слесарные плоскопа- раллельные тиски		
2	Опилить поверх- ность <i>A</i> пе- рекрёст- ными штрихами до удале- ния накер- нённых уг- лублений.		Напильник плоский № 2	Опи- лить под уг- лом 30–40° к плос- кости губок тисков	

Окончание табл. 4.10

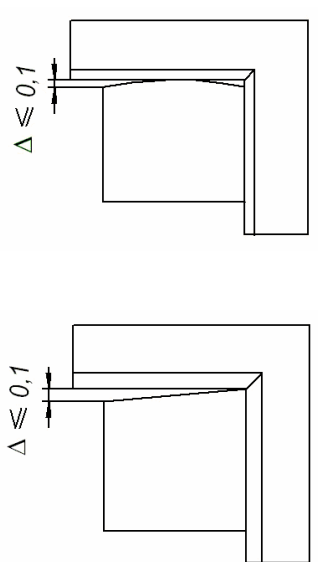
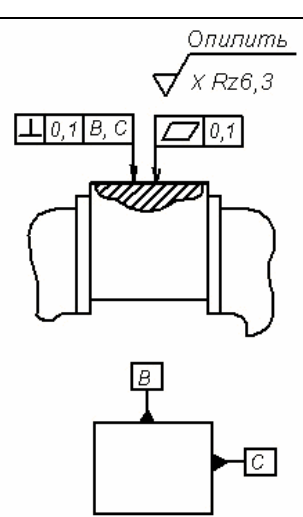
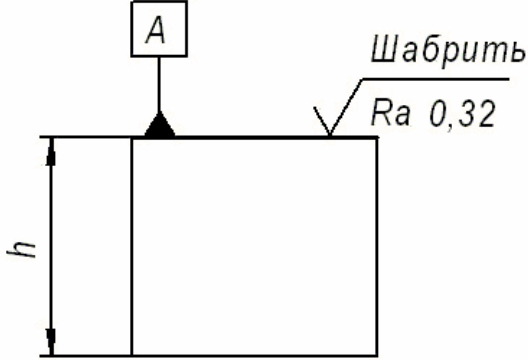
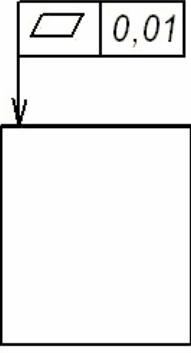
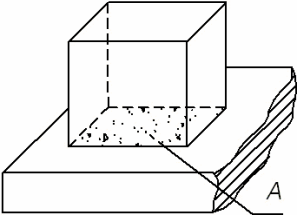
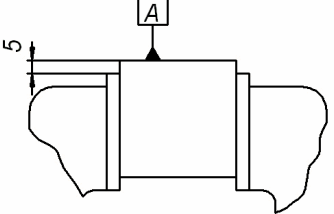
Но- мер пере- хода	Содержа- ние перехода	Эскиз перехода	Режущий инструмент и оснастка	Режим обра- ботки	Изме- ритель- ный ин- стру- мент
3	Контроли- ровать: размер h , отклонение от перпен- дикулярно- сти плос- кости A к сторонам B и C не бо- лее 0,1 мм; неплоско- стность по- верхности A не более 0,1 мм.				Штан- генцир- куль 0–125 мм; угольник 90 °; щуп 0,1 мм
4	Опилить плоскость A до шерохо- ватости $Ra\ 1,25\ \text{мкм}$.		Напильник плоский № 3	Опи- лить пере- крёст- ными штри- хами	Профи- лометр MarSurf PS1, угольник 90 °; щуп 0,1 мм
5	Притупить острые кромки.		Напильник плоский № 3		

Таблица 4.11

Технологическая карта последовательности шабрения плоскости

Технологический эскиз шабрения плоскости <i>A</i> бруска					
 					
Материал: сталь Ст. 3			Заготовка – брусок: $a \times b \times h$		
Номер перехода	Содержание перехода	Эскиз перехода	Режущий инструмент и оснастка	Режим обработки	Измерительный инструмент
1	2	3	4	5	6
1	Нанести краску тонким слоем на поверхность поверочной плиты. Наложить заготовку плоскостью <i>A</i> на плиту и круговыми движениями её окрасить.		Верстак, поверочная плита		
2	Установить и закрепить заготовку.		Верстак, слесарные тиски		

Окончание табл. 4.11

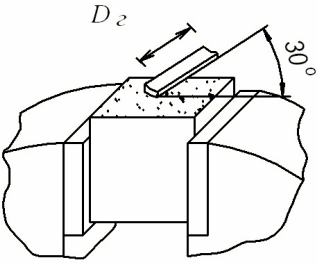
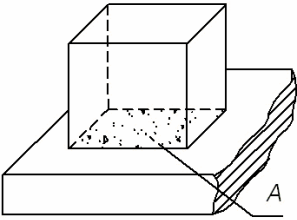
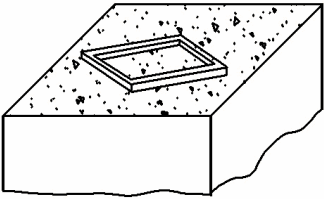
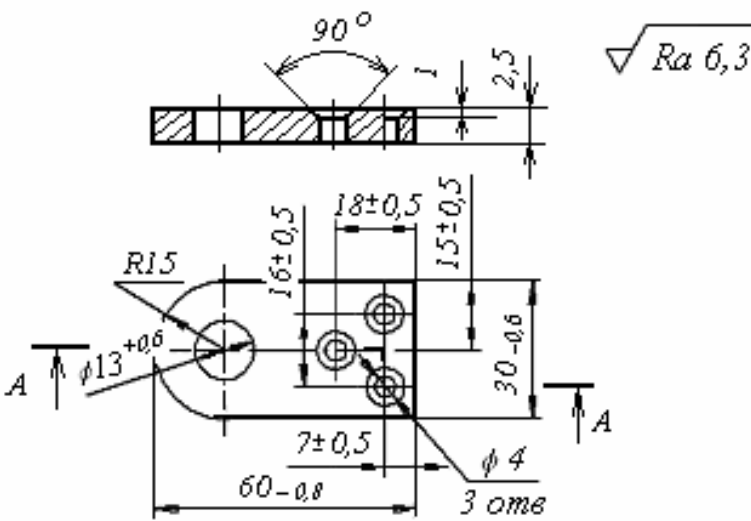
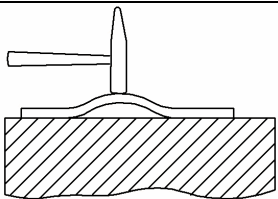
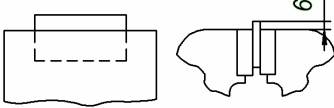
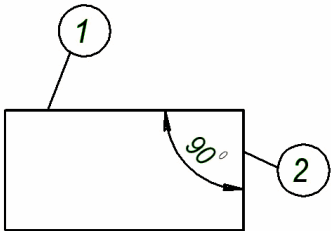
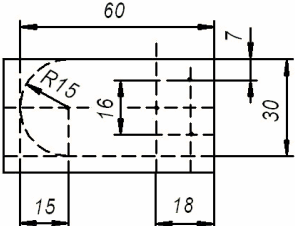
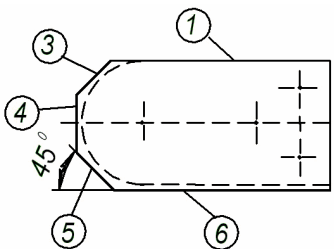
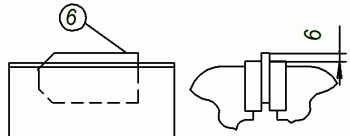
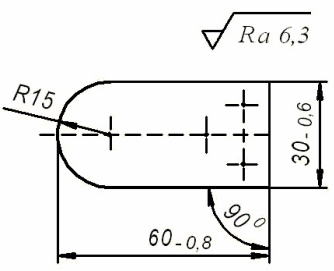
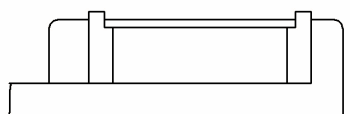
1	2	3	4	5	6
3	Шабрить плоскость А, удаляя окрашенные места.		Шабер плоский, L = 200 мм	Перекрёстный штрих, длина хода 2–3 мм	
4	Раскрепить, снять заготовку, протереть поверхность А, удалив остатки краски и стружку.				
5	Повторить переход 1.		Верстак, поперочная плита		
6	Наложить рамку на поверхность А, сосчитать число пятен на площади контрольной рамки.				Поверочная рамка 25 × 25 мм, профилометр MarSurf PS1
7	Продолжить переходы 2–6 до обеспечения 10–13 пятен в пределах площади рамки.		Верстак, тиски, шабер плоский, L = 200 мм		Поверочная рамка, профилометр MarSurf PS1

Таблица 4.12

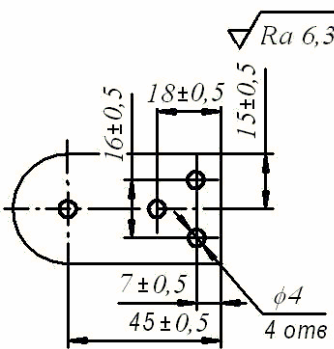
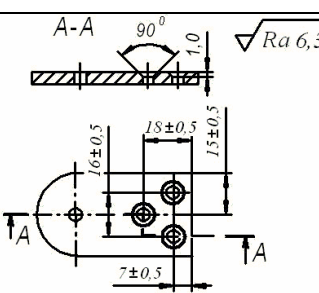
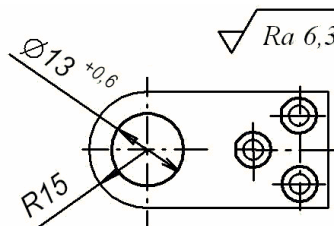
Технологическая карта последовательности изготовления детали «Ушко»
методами слесарной обработки

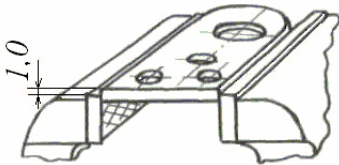
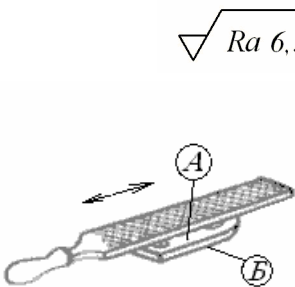
Эскиз детали					
					
Материал: сталь Ст. 3			Размеры заготовки: 35 × 65 × 2,5		
Но- мер пере- хода	Содержание перехода	Эскиз перехода	Режущий ин- струмент и оснастка	Режим обра- ботки	Измери- тельный ин- стру- мент
1	2	3	4	5	6
1	Править (рихтовать) заготовку.		Правильная плита, молоток		Лекаль- ная линейка
2	Установить и закрепить заготовку.		Верстак, тиски слесарные		Линейка 0–150 мм
3	Опилить по- следова- тельно грани 1 и 2 под углом 90°.		Напильник плоский, № 2, длиной 250 мм		Уголь- ник 90°

Продолжение табл. 4.12

1	2	3	4	5	6
4	Разметить заготовку в соответствии с эскизом.		Линейка, чертилка, кернер, молоток, циркуль разметочный		Штангенциркуль 0–200 мм
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 Ø4 мм.		Сверло спиральное Ø4 мм, трёхкулачковый самоцентрирующий патрон		

Продолжение табл. 4.12

1	2	3	4	5	6
10	Сверлить по разметке 4 отверстия $\varnothing 4$ мм.		Настольно-сверлильный станок, сверло спиральное $\varnothing 4$ мм, трёхкулачковый 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° , трёхкулачковый патрон		
12	Зенковать 3 отверстия на глубину 1 мм.		– // –	$n = 710$ об/мин, подача – ручная	Шаблон $1 \times 90^\circ$
13	Снять зенковку и установить спиральное сверло, переустановить заготовку.		Спиральное сверло $\varnothing 13$ мм, переходная втулка, машинные тиски		
14	Рассверлить отверстие $\varnothing 13$ мм.		– // –	$n = 280$ об/мин, подача – ручная	Штангенциркуль 0–150 мм

1	2	3	4	5	6
15	Раскрепить и снять заготовку со станка, закрепить заготовку в слесарных тисках.		Верстак, тиски слесарные		Штангенциркуль 0–150 мм
16	Опилить плоскости <i>A</i> и <i>B</i> заготовки, обеспечивая заданную шероховатость.		Верстак, тиски слесарные, напильник плоский № 3, $L = 250$ мм.	Обработка перекрестным движением	Профилометр MarSurf PS1
21	Раскрепить, снять заготовку, контролировать размеры.				Штангенциркуль, шаблон $R 15$ мм

2.6. Эскиз технологического перехода с указанием получаемого размера и шероховатости обработанной поверхности (даётся 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 таблицы 4.4.

2.9. Выводы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология конструкционных материалов: Учебник для вузов / Под ред. Ю. М. Барона. — СПб.: Питер, 2012. — 512 с.
2. Технология конструкционных материалов: Учебник / Под общей ред. А. М. Дальского. — М.: Машиностроение, 2005. — 592 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. Расчёт 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. Скакун. — М.: Академия, 2006. — 316 с.
7. Практикум в учебных мастерских и технология конструкционных материалов: Учеб. пособие. — 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. — 719 с.
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.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Классификация металлообрабатывающих станков

Группа станков		Типы станков									
наименование	шифр	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Резервные	0	—	—	—	—	—	—	—	—	-	—
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы			револьверные	сверлильно-отрезные	карусельные	токарные, токарно-винторезные и лобовые	многорезцовые, копировальные	специализированные	разные токарные
		специализированные	одношпиндельные	многошпиндельные							
Сверлильные и расточные	2	—	насто- льно- и вер- тикально- сверлиль- ные	Полуавтоматы		коорди- нотно- расточ- ные	радиаль- но- сверлиль- ные	горизон- тально- расточные	алмазно- расточные	горизон- тально- сверлиль- ные	разные сверлиль- ные и расточные
				одно- шпин- дельные	много- шпин- дельные						
Шлифовальные, полировальные, доводочные, заточные	3	—	круглош- лифоваль- ные	внутри- шлифо- вальные	обдироч- но- и торцово- шлифо- вальные	специали- зирова- нные шлифо- вальные	—	заточные	плоско- шлифо- вальные	притироч- ные, по- лиро- вальные, хонинго- вальные	разные с абразив- ным инст- рументом
Электрофизические и электрохимические, комбинированные	4	—	—	светолу- чевые	—	электро- химиче- ские	—	—	электро- эрозион- ные, ультра- звуковые проши- вочные	анодно- механи- ческие отрезные	—

Группа станков		Типы станков									
наименование	шифр	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Зубо- и резьбообра- батываю- щие	5	резьбо- нарезные	зубодол- бёжные для ци- лин- дрических колёс	зубо- нарезные для кони- ческих колёс	зубо-фре- зерные для цилиндри- ческих ко- лёс и шли- цевых ва- лов	для наре- зания чер- вячных колёс	для обра- ботки торцов зубьев колёс	резьбо- фре- зерные	зубо- отделоч- ные, про- верочные, обкатные	зубо- и резьбо- шли- фоваль- ные	разные зубо- и резьбо- обрабаты- вающие
Фрезерные	6	—	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 ши- роко- универ- сальные	горизон- тальные консоль- ные	разные фрезерные
Строгаль- ные, долбёжные, протяжные	7	—	продольные		попереч- но- строгаль- ные	долбёж- ные	протяж- ные горизон- тальные	протяжные верти- кальные для		—	разные строгаль- ные
			односто- ечные	двухсто- ечные				внутрен- него про- тягивания	наружно- го протя- гивания		
Разрезные	8	—	отрезные, оснащённые			правиль- но- и бес- центрово- обдироч- ные	пилы			—	—
			резцом	абразив- ным кругом	гладким диском		ленточные	дисковые	ножовоч- ные		
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	—	—

ПРОФИЛОМЕТР MarSurf PS1. НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО

Назначение профилометра MarSurf PS1

Профилометр MarSurf PS1 является прибором по измерению параметров шероховатости поверхностей деталей.

Широкий набор принадлежностей профилометра MarSurf PS1 позволяет использовать его для измерения в производственных условиях параметров шероховатости наружных и внутренних, цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, канавок, уступов, торцовых поверхностей на деталях простых и сложных форм. Прибор позволяет измерять шероховатость поверхностей отверстий диаметром от 6 мм, пазов шириной от 3 мм, зубьев зубчатых колёс, коренных и шатунных шеек коленчатых валов, профильных поверхностей кулачковых валов. Для измерения поверхностей различной формы и расположений в комплект прибора входит набор специальных датчиков.

На приборе можно измерять 24 параметра шероховатости поверхности по международным стандартам ISO (DIN), JIS, ANSI/ASME и MOTIF. Среди измеряемых профилометром характеристик есть шесть параметров, установленных ГОСТ 25142–82. «Шероховатость поверхности. Термины и определения» (см. раздел «Введение»).

В связи с тем, что в обозначениях ряда параметров шероховатости, высвечиваемых на дисплее прибора, используются индексы, отличающиеся от обозначений, принятых в ГОСТ 25142–82, далее приводится таблица П2.1, включающая обозначения основных параметров по прибору и обозначения, установленные ГОСТ 25142–82.

Профилометр позволяет измерять параметры шероховатости поверхности детали с наибольшей высотой профиля 350 мкм при расположении выступов и впадин относительно базовой линии профиля равными соответственно +250 мкм и –150 мкм. Максимальная длина участка ощупывания поверхности равна 17,5 мм. Точность оценки профиля определяется диапазоном измерения параметров шероховатости и составляет от 8 до 32 нм.

Таблица П2.1

Обозначения параметров шероховатости, принятые в ГОСТ 25142–82
и показываемые на дисплее профилометра MarSurf PS1

Параметр шероховатости, единица измерения по ГОСТ 25142–82	Обозначение параметра		
	ГОСТ 25142–82	Прибор MarSurf PS1	
		Параметр	Обозначение на дисплее
Базовая длина, мм.	ℓ	Lc	Lc
Среднее арифметическое отклонение профиля, мкм ⁶ .	Ra	Ra	RA
Высота неровностей профиля по десяти точкам, мкм.	Rz	Rz	RZ
Наибольшая высота неровностей профиля, мкм.	$Rmax$	$Rmax$	RMAX
Средний шаг неровностей профиля, мкм.	Sm	RSm	RSM
Средний шаг местных выступов, мкм.	S	S	S

Для контроля точности выполнения предельных значений параметров шероховатости на профилометре MarSurf PS1 могут быть установлены границы допусков для всех выбранных параметров детали. Превышения допусков, верхнего и нижнего отклонений, выявленные при измерениях, фиксируются в памяти прибора. Их можно вывести на дисплей в виде определённых сигналов.

Устройство и элементы управления

Внешний вид профилометра MarSurf PS1 показан на рисунке П.2.1. Здесь же обозначены и его основные узлы.

Две кнопки «Старт» 4 (на рисунке 2 видна одна кнопка) используются для включения прибора, запуска и прерывания текущего измерения, а также для выполнения следующих действий в комбинациях с другими клавишами:

⁶ На дисплее прибора единица измерения длины «мкм» обозначается как « μm ».



Рис. П.2.1. Профилометр MarSurf PS1:

1 — корпус; 2 — клавиатура; 3 — дисплей; 4 — две кнопки «Старт» включения прибора, запуска и прерывания текущего измерения; 5 — щуп; 6 — устройство защиты щупа; 7 — привод подачи щупа, а также продольного и поворотного установочных движений щупа с защитным устройством; 8 — контакты подключения к электросети, компьютеру и принтеру

— для открытия каталога установки параметров измерения нужно нажать одну из кнопок «Старт» и клавишу «Lt/Lc»;

— для показа выбранных параметров измерения последовательно нажимается одна из кнопок «Старт» и клавиша «Ra»;

— для выключения прибора нужно нажать на одну из кнопок «Старт» и клавишу «Rz».

При использовании комбинаций клавиш нужно держать нажатой одну из кнопок «Старт», а потом нажать на клавишу, включающую нужную команду.

Клавиатура 2 профилометра, расположенная на корпусе 1, имеет четыре клавиши.

Клавиши «Ra» и «Rz» служат для выбора при измерении одного из параметров R_a или R_z .

Клавиша «F1». При нажатии на данную клавишу на дисплее показываются результаты измерения параметра, на который клавиша на предыдущем измерении была настроена. Клавиша «F1» используется также при

настройке прибора в случае необходимости измерения дополнительного параметра, не относящегося к нормативным параметрам, указанным в стандартах.

Клавиша «Lt/Lc» позволяет устанавливать базовую длину ℓ (Lc)⁷ и длину участка ощупывания Lt . Она также используется при автоматическом выборе величины базовой длины и участка ощупывания.

Участок ощупывания Lt состоит из начального нерабочего участка, нескольких отдельных измерительных участков (обычно 5 участков) с базовой длиной измерения ℓ (Lc) и конечного нерабочего участка. Общий измерительный участок имеет обозначение Ln .

Клавиши «▼», «▲», «◀», «▶» позволяют изменять установки на измерения значений параметров шероховатости, содержащихся в электронном каталоге прибора.

Профилометр MarSurf PS1 имеет встроенный, многократно заряжаемый аккумулятор, позволяющий в автономном режиме без подключения к сети проводить до 500 измерений. Для подзарядки аккумулятора в покупном комплекте прибора имеется три сменных сетевых адаптера, с помощью которых прибор может быть в любой стране подключен к сети через розетку 4 (рис. П.2.2), расположенную на панели внешних соединений прибора 8 (см. рис. П.2.1).

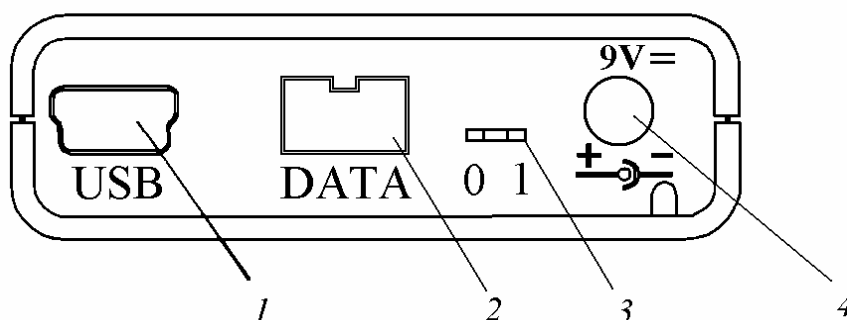


Рис. П.2.2. Контакты подключения профилометра MarSurf PS1

Профилометр MarSurf PS1 можно подключать непосредственно к компьютеру через USB-порт 1 и к принтеру через порт 2. Профилометр воспринимается компьютером как USB-модуль памяти и распознаётся без драйвера. Таким образом, можно переносить результаты измерений и

⁷Термин «Базовая длина» в инструкции по эксплуатации прибора имеет название «Отсечка шага».

рисунки профилей с профилометра MarSurf PS1 в компьютер для того, чтобы, например, анализировать и оценивать их с помощью программы оценки MarSurf XR 20.

Движок перенастройки 3 (рис. П.2.2) служит для перевода прибора из состояния поставки, позиция «0», в рабочее положение, позиция «1». В положении движка 3 на позиции «1» осуществляется зарядка аккумулятора прибора через розетку 4.

Способы установки профилометра при измерениях

Профилометр MarSurf PS1 при измерениях можно устанавливать несколькими способами:

— на две ножки 1 (рис. П.2.3). Ножки устройства установки высоты, сконструированные в форме дуги, делают возможным использовать разные формы опор: стабильная трёхточечковая опора и четырёхточечковая опора. Использование ножек с реализацией четырёх опорных точек применяется для измерения цилиндрических объектов, в комбинации с устройством защиты щупа и т. д.);

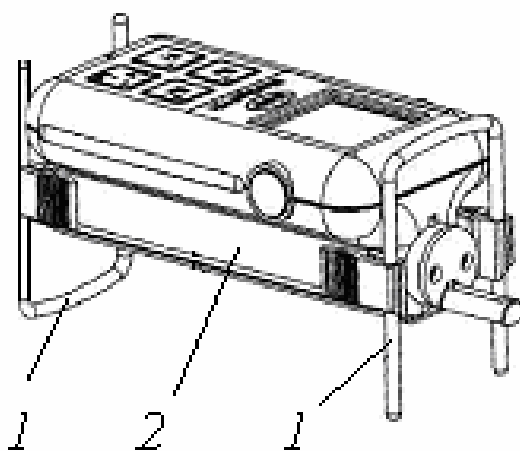


Рис. П.2.3. Установка профилометра на ножки

— на верхнюю плоскость прибора; способ используется для измерения параметров поверхностей цилиндрических объектов в так называемом потолочном режиме, при котором деталь устанавливается на расположенную внизу прибора призму 1 (рис. П.2.4);

— на измерительной стойке для стационарных измерений (рис. П.2.5).

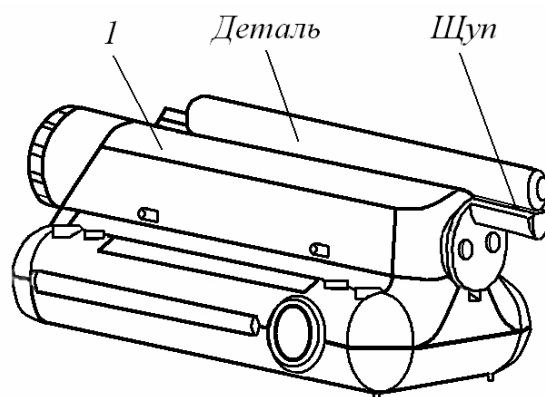


Рис. П.2.4. Установка детали на нижнем торце профилометра

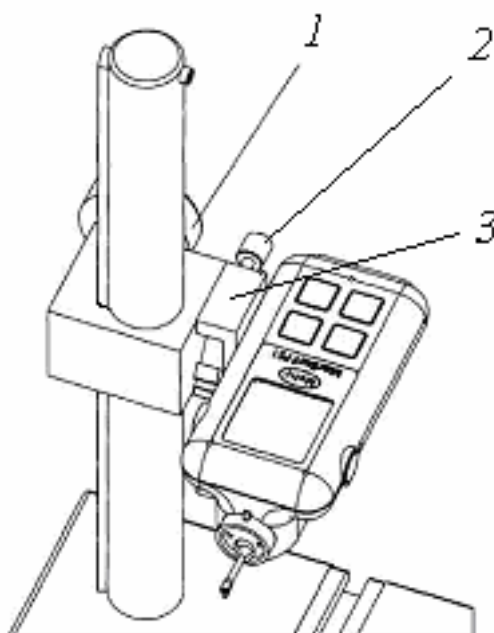


Рис. П.2.5. Стационарное место измерения со стойкой:

- 1 — маховичок для установки высоты расположения прибора;
- 2 — установочный винт для коррекции наклона профилометра;
- 3 — опора для профилометра

Для установки профилометра на стойке используется специальная опора 3. К ней и прикрепляется профилометр через четыре резьбовых отверстия, расположенных снизу корпуса.

Включение, последовательность измерения и выключение профилометра

Для включения профилометра MarSurf PS1 нужно выполнить перечисленные далее действия.

1. Передвинуть движок 3 (рис. П.2.2) в позицию «1», приведя тем самым прибор в рабочую готовность.

2. Перевести щуп с помощью привода подачи 7 (рис. П.2.1) из позиции стоянки в позицию измерения. Рычаг щупа должен быть параллелен ощупываемой поверхности.

3. Мягко нажать на одну из кнопок «Старт» 4 (рис. П.2.1). Через небольшой промежуток времени на дисплее 3 высвечиваются результаты последнего измерения, объединённые в виде четырёх полей (рис. П.2.6).

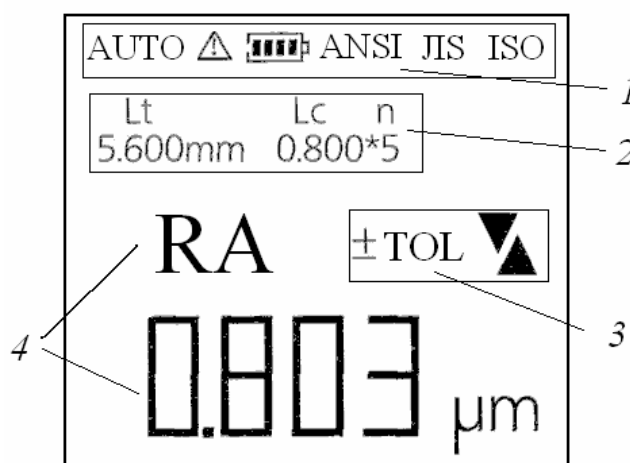


Рис. П.2.6. Поля данных дисплея:

- 1 — указания на используемый стандарт и зарядку аккумулятора (аккумулятор заряжен полностью); 2 — текстовое поле для индикации участка ощупывания Lt ; 3 — символы, указывающие на превышение установленных значений допуска или отклонений на параметр шероховатости («+TOL» — превышение верхней границы допуска показанного параметра; «-TOL» — превышение нижней границы допуска показанного параметра); 4 — измеряемый параметр и результат измерения

Представленные на полях дисплея текстовые и числовые сведения дают оператору возможность:

- проверить установки прибора по каталогу установок;
- осуществить наладку измеряемых параметров;
- контролировать ход измерения;
- определить результаты измерения параметров.

При проведении измерений на дисплее профилометра появляются не все указанные на рисунке П.2.6 символы. Дается только их определённый, установленный системой набор.

4. Проверить и при необходимости зарядить аккумулятор. Аккумулятор нужно зарядить, если:

- прибор впервые запускается в эксплуатацию;
- после последней зарядки прошло приблизительно три месяца;
- на дисплее мигает символ  , обозначающий наличие у аккумулятора приблизительно 15 % его исходной ёмкости;
- если невозможно произвести измерение, хотя символ  не мигает.

5. Просмотреть и при необходимости установить с помощью клавиш 2 (рис. П.2.1) заданные установки и параметры измерения⁸.

6. Повторно нажать на одну из кнопок «Старт». В результате нажатия запускается процесс измерения. Измерение нужно проводить, как правило, перпендикулярно к направлению следов обработки на объекте измерения.

Показания профилометра. Если включена автоматическая установка значения базовой длины ℓ (L_c) и участка ощупывания, на дисплее появляется и сохраняется текст «Измерение = = A = =». Число, записанное в виде буквы «A», обозначает отрезок участка ощупывания (1, 2, ... 7), через который в данный момент проходит щуп.

После измерения на индикаторе высвечивается сообщение «Конец измерения» и показывается, столько времени потребуется, пока щуп снова не возвратится в исходную позицию.

Если измерение проведено правильно, на индикаторе показывается первый выбранный для определения параметр. При выходе его значения за границы допуска измеряемый параметр сначала показывается на индикаторе, а затем появляется надпись «+TOL», означающая, что верхняя граница поля допуска превышает установленное значение, или «-TOL» (меньше нижней границы). Это означает, что нижняя граница поля допуска располагается ниже установленного при наладке прибора значения.

Измерение можно в любое время прервать, нажав на кнопку «Старт». Механизм перемещения и поворота щупа после нажатия клавиши

⁸ Наладку профилометра на выполнение измерений осуществляет учебный мастер по особой инструкции.

немедленно останавливается, и щуп возвращается в исходную позицию. После этого можно с помощью кнопки «Старт» запустить новое измерение.

Во время измерения прибором контролируется значение отклонения щупа от заданного в установках на измерение исходного значения параметра. При выходе значения параметра измерения за пределы диапазона измерения механизм перемещения и поворота немедленно останавливается, и щуп возвращается в исходную позицию. На индикаторе появляется символ «D» или «▼» и сообщение об ошибке.

Как только на индикаторе будет снова показана длина участка ощупывания, можно с помощью одной из кнопок «Старт» запускать новое измерение.

Чтобы показать на индикаторе значения всех подлежащих измерению параметров, следует, держа нажатой одну из кнопок «Старт», нажать на клавишу «Ra». Затем с помощью клавиш «▼» или «▲» можно показать на дисплее последовательно измеренные значения параметров. Клавиша «◀» служит для выхода из режима «Параметры».

Если вместо результата измерения на дисплее появятся символы «— — — —», то результат принять нельзя, потому что:

- нет действительного измерения, поскольку последнее измерение было прервано;
- нет действительного измерения из-за того, что были изменены условия измерения;
- условия для расчёта результата этого параметра не были выполнены.

Выключение профилометра. При мобильном использовании на профилометре устанавливают временной лимит работы, равный одной минуте. В течение минуты с начала измерения не нужно нажимать никаких клавиш. По завершении минуты прибор выключается автоматически. При этом установки профилометра и результаты последнего измерения сохраняются.

При длительном использовании профилометра временной лимит можно выключить, осуществляя наладку прибора. Временной лимит не действует, если MarSurf PS1 подключен:

- через розетку 4 (рис. П.2.2) к сети;
- через USB-порт 1 к компьютеру.

Если профилометр сам не выключается, то для выключения следует нажать на одну из кнопок «Старт» и, удерживая её, нажать на клавишу «Rz».

Перед транспортировкой профилометра механизм подачи и щуп необходимо установить в нерабочую позицию. Для этого следует:

— выдвинуть механизм подачи вперед из корпуса (рис. П.2.7, движение D_1);

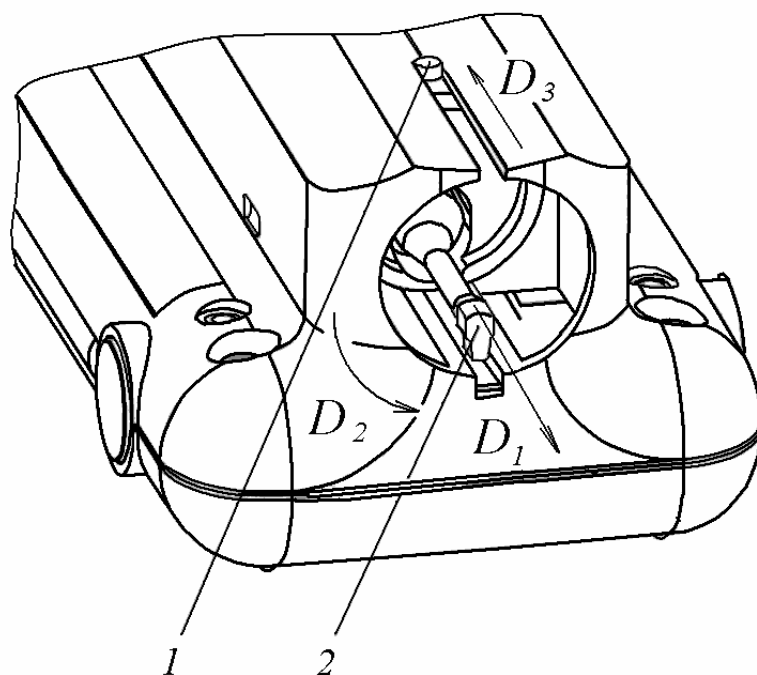


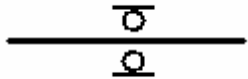
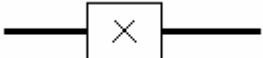
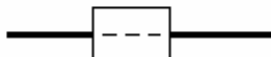
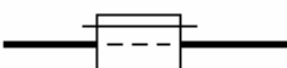
Рис. П.2.7. Положение щупа в позиции стоянки:

1 – щуп в положении стоянки; 2 – щуп

— повернуть механизм подачи вправо на 180° , в результате чего головка щупа будет направлена вверх (рис. П.2.7, движение D_2);

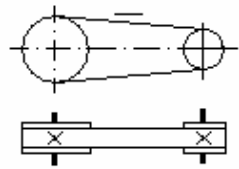
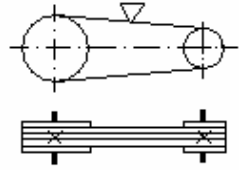
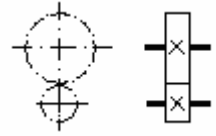
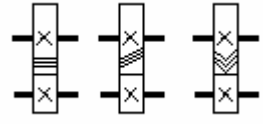
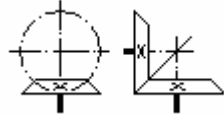
— задвинуть механизм подачи в корпус, пока не будет достигнуто крайнее положение упора, позиция 1 (рис. П.2.7, движение D_3). При этом штифт механизма подачи должен войти в направляющую канавку.

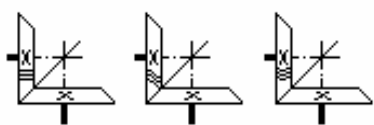
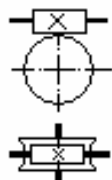
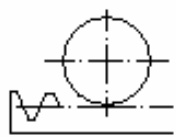
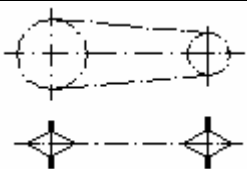
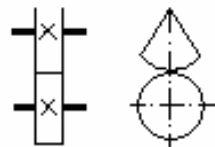
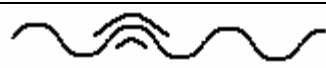
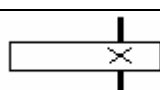
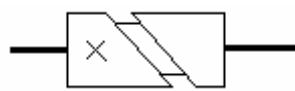
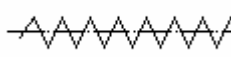
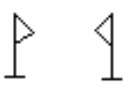
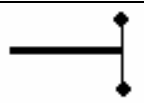
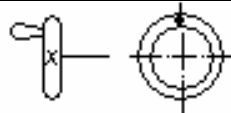
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ В КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМАХ⁹

№ п/п	Наименование детали, механизма	Условное обозначение
1	Вал	
2	Подшипники скольжения и качения на валу (без уточнения типа): – радиальные – упорные	
		
		
3	Подшипники качения радиальные на валу	
4	Соединения детали с валом: – неподвижное соединение – кинематическая пара вращательная (свободное для вращения) – кинематическая пара поступательная (подвижное без вращения)	
		
		
		
5	Муфты неразъёмные (неуправляемые) для соединения двух валов: – глухая	
		

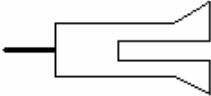
⁹ 1. Приведены условные обозначения только тех механизмов и устройств, которые использованы в лабораторных работах при изображении кинематических схем.

2. Условные обозначения ГОСТ 2770–68 «Обозначения условные графические в кинематических схемах. Элементы кинематики», отмеченные символом «*», с целью создания доступности восприятия даны упрощённо.

№ п/п	Наименование детали, механизма	Условное обозначение
	– компенсаторная (с шарниром)	
6	Муфты сцепления механические: – кулачковая односторонняя * – фрикционная двухсторонняя *	
		
		
7	Передачи ремнём: – плоским ремнём – клиновидным ремнём	
		
		
8	Передачи зубчатые (цилиндрические) между параллельными валами: – внешнее зацепление (общее обозначение без уточнения типа) – то же, с прямыми, винтовыми и шевронными зубьями	
		
		
9	Передачи зубчатые между пересекающимися валами и конические: – общее обозначение без уточнения типа зубьев	
		

№ п/п	Наименование детали, механизма	Условное обозначение
	– с прямыми спиральными и круговыми зубьями	
10	Передача червячная с цилиндрическим червяком	
11	Передачи зубчатые реечные: общее обозначение без уточнения типа зубьев	
12	Передачи цепные	
13	Передача зубчатым сектором (без уточнения типа)	
14	Передача винтовая	
15	Кулачки: – плоский вращающийся – барабанный цилиндрический	
		
		
16	Пружина цилиндрическая сжатия	
17	Упоры	
18	Маховик	
19	Маховичок	

Окончание прил. 3

№ п/п	Наименование детали, механизма	Условное обозначение
20	Конец вала под съёмную рукоятку	
21	Патрон цанговый	

*Никифоров Валерий Иванович
Барон Юрий Михайлович
Дзельтен Герман Павлович
Кобчиков Валентин Семёнович
Коротких Михаил Тимофеевич
Медко Владимир Семёнович*

Технология конструкционных материалов

Практикум по технологическим методам обработки заготовок

Учебное пособие

Под редакцией В. И. Никифорова

Налоговая льгота — Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т.2; 95 3005 — учебная литература

Подписано в печать 12.09.2012 Формат 60×84/16 Печать цифровая.
Усл. печ. л. 23,0. Тираж 32. Заказ 9632b

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного авторами
в типографии Издательства Политехнического университета:
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.
Тел.: (812) 550-40-14
Тел./факс: (812) 297-57-76