

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

ПРАКТИКУМ И КУРСОВОЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ



Издательский центр «Академия»
www.academia-moscow.ru



ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ
ПРАКТИКУМ И КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Среднее профессиональное образование

А. И. Ильянков, В. Ю. Новиков

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

ПРАКТИКУМ И КУРСОВОЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Учебное пособие



А.И.ИЛЬЯНКОВ, В.Ю.НОВИКОВ

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

ПРАКТИКУМ И КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Рекомендовано

*Федеральным государственным автономным учреждением
«Федеральный институт развития образования»
в качестве учебного пособия для использования
в учебном процессе образовательных учреждений,
реализующих программы среднего профессионального
образования по специальности 151901 «Технология
машиностроения», ОП.08 «Технология машиностроения»*

*Регистрационный номер рецензии 419
от 12 декабря 2011 г. ФГАУ «ФИРО»*



Москва
Издательский центр «Академия»
2012

УДК 621(075.32)
ББК 34.4я723
И49

Рецензент —
преподаватель высшей категории ГОУ СПО
«Московский технологический колледж» Л. А. Довгань

Ильянков А.И.

И49 Технология машиностроения : Практикум и курсовое проектирование : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / А. И. Ильянков, В. Ю. Новиков. — М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 432 с.

ISBN 978-5-7695-8439-8

Приведено решение практических задач по всем основным разделам учебной дисциплины «Технология машиностроения». Даны варианты индивидуальных заданий на практические работы с описанием методики их выполнения на примере решения одного из вариантов задания. В приложениях содержатся нормативно-справочные материалы, необходимые для выполнения практических работ.

Учебное пособие может быть использовано при изучении общепрофессиональной дисциплины «Технология машиностроения» в соответствии с ФГОС СПО для специальности 151901 «Технология машиностроения».

К данному учебному пособию выпущен электронный образовательный ресурс «Технология машиностроения».

Для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования.

УДК 621(075.32)
ББК 34.4я723

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия» и его воспроизведение любым
способом без согласия правообладателя запрещается*

ISBN 978-5-7695-8439-8

© Ильянков А.И., Новиков В.Ю., 2012
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2012
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2012

Уважаемый читатель!

Данное учебное пособие является частью учебно-методического комплекта по специальности 151901 «Технология машиностроения».

Учебное пособие предназначено для изучения общепрофессиональной дисциплины ОП.08 «Технология машиностроения».

Учебно-методические комплекты нового поколения включают в себя традиционные и инновационные учебные материалы, позволяющие обеспечить изучение общеобразовательных и общепрофессиональных дисциплин и профессиональных модулей. Каждый комплект содержит учебники и учебные пособия, средства обучения и контроля, необходимые для освоения общих и профессиональных компетенций, в том числе и с учетом требований работодателя.

Учебные издания дополняются электронными образовательными ресурсами. Электронные ресурсы содержат теоретические и практические модули с интерактивными упражнениями и тренажерами, мультимедийные объекты, ссылки на дополнительные материалы и ресурсы в Интернете. В них включен терминологический словарь и электронный журнал, в котором фиксируются основные параметры учебного процесса: время работы, результат выполнения контрольных и практических заданий. Электронные ресурсы легко встраиваются в учебный процесс и могут быть адаптированы к различным учебным программам.

Учебно-методический комплект по дисциплине «Технология машиностроения» включает в себя электронный образовательный ресурс «Технология машиностроения».

Учебно-методический комплект разработан на основании Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования с учетом его профиля.

В рамках учебной дисциплины «Технология машиностроения» рассматривают в основном процессы механической обработки деталей, сборки и испытания изделий. При этом уделяется внимание автоматизации производственных процессов и новым методам обработки труднообрабатываемых сталей и сплавов.

Изучение учебной дисциплины «Технология машиностроения» базируется на многих положениях ранее изученных учебных дисциплин:

- материаловедение;
- метрология, стандартизация и сертификация;
- процессы формообразования и инструменты;
- гидравлические и пневматические системы;
- оборудование машиностроительного производства;
- технологическое оборудование;
- программирование для автоматизированного производства;
- технологическая оснастка.

Уровень готовности молодого специалиста к решению производственных задач во многом определяется качеством и содержанием практических занятий, выполняемых в процессе обучения. В учреждениях среднего профессионального образования при изучении дисциплины «Технология машиностроения» практические занятия проводятся по всем основным темам и разделам. Навыки, приобретенные студентами на практических занятиях, помогают молодым специалистам грамотно использовать нормативно-справочную документацию и принимать правильные решения при проектировании технологических процессов изготовления деталей и сборки изделий, а также при разработке технологических операций.

Так как основной единицей технологического процесса является операция, то естественно, что в данном учебном пособии ей уделено большое внимание. Основной целью анализа любой операции является поиск наиболее экономичных путей достижения

заданных параметров деталей и сборочных единиц. Значительная часть практических задач связана с проектированием заготовок, оценкой и обеспечением точности механической обработки или сборки, с назначением припусков на механическую обработку и операционными размерами, с базированием заготовок в зоне обработки станка, балансировкой быстровращающихся роторов.

Большинство задач и упражнений достаточно просты, однако последовательное их решение помогает усвоить принципы решения более сложных технологических задач без учета малозначительных факторов. Все это позволяет быстро получать результат с достаточной для производства точностью.

Практические занятия проводятся по следующим разделам учебной дисциплины:

- основы технологии машиностроения;
- основы технического нормирования;
- методы обработки основных поверхностей деталей;
- системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП);
- технология сборки машин.

Структура практических заданий и практических работ примерно одинакова. В начале каждого раздела приводятся методические пояснения, после чего раскрывается объем работы, который включает в себя:

- цель работы;
- этапы выполнения;
- пример выполнения;
- содержание отчета;
- индивидуальные задания;
- контрольные вопросы.

В плане выполнения практических работ особое внимание уделено работе с таблицами допусков и посадок, чтобы студент приобрел твердые навыки в использовании данных материалов и умение рассчитывать параметры сопряжений собираемых деталей.

Курсовое проектирование является составной частью процесса обучения в образовательных учреждениях среднего профессионального образования. Курсовой проект по специальности 151901 «Технология машиностроения» является самостоятельной студенческой работой, которая выполняется на основе ранее изученных дисциплин согласно учебному плану.

Работая над курсовым проектом, студент самостоятельно решает конкретные задачи в области совершенствования технологии, организации производства и улучшения экономических показателей работы производственного участка или цеха. Пользуясь данным пособием, студент имеет все основания для выполнения курсового проекта хорошего качества и его защиты на высокую оценку.

Все справочные материалы, приведенные в данном пособии, предназначены только для учебных целей, так как большинство таблиц носит обобщающий характер, их содержание упрощено для удобства использования при ограниченном лимите времени, предусмотренным учебным планом на практические работы и на курсовое проектирование.

ГЛАВА 1

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

1.1. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕССЫ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Предметом изучения в технологии машиностроения являются процессы изготовления изделий высокого качества в заданном количестве при наименьших затратах с высокой производительностью труда.

Изделие — это единица промышленной продукции, которая является предметом производства на предприятии.

Деталь — это изделие, изготовленное из однородного материала без применения сборочных операций, например гайка, втулка, вал или зубчатое колесо.

Сборочная единица — это изделие, составные части которого соединены между собой на предприятии-изготовителе в процессе сборочных операций.

Производственный процесс — представляет собой совокупность взаимосвязанных действий людей и орудий труда, в результате которых исходные материалы превращаются в готовое изделие предприятия.

Технологический процесс — это часть производственного процесса, состоящая из целенаправленных действий по превращению исходного сырья в готовое изделие. В машиностроении технологические процессы различают следующим образом: заготовительные, термические, механической (или другой) обработки, сборочные и др. Каждый технологический процесс состоит из операций, которые выполняют на рабочих местах.

Рабочее место — это единица структуры предприятия или часть производственной площади, на которой размещено оборудование,

необходимое для выполнения работ одним рабочим (или одновременно несколькими рабочими). Например, на рабочем месте фрезеровщика расположен фрезерный станок, шкаф для хранения инструмента, необходимые приспособления и др.

Технологическая операция — это законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте одним или одновременно несколькими рабочими. В операцию входят все действия оборудования и рабочих, обслуживающих данное рабочее место. Технологическая операция является основной единицей планирования и учета. Операции подразделяют на основные и вспомогательные.

Основная технологическая операция — это такая операция, в процессе которой изменяются геометрическая форма и размеры заготовки, а также параметры ее поверхностного слоя.

Вспомогательная технологическая операция — это такая операция, во время выполнения которой не происходит никаких изменений с заготовкой, например контрольная или моечная операция.

Установ — это часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или собираемой сборочной единицы.

Позиция — это фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной заготовкой или сборочной единицей совместно с приспособлением относительно режущего или сборочного инструмента для выполнения определенной части операции.

Индексация — это смена позиций.

Технологический переход — это законченная часть технологической операции, во время которой остаются неизменными применяемый инструмент и образуемые при обработке или соединяемые при сборке поверхности.

Основной переход — это законченная часть технологической операции, во время которой остаются неизменными применяемый инструмент и образуемые при обработке или соединяемые при сборке поверхности, включающая в себя действия человека и (или) технологического оборудования, которые сопровождаются изменением формы, размеров и шероховатости поверхностей изготавливаемого изделия.

Вспомогательный переход — это законченная часть технологической операции, включающая в себя действия человека и (или) технологического оборудования, которые не сопровождаются изменением формы, размеров и шероховатости поверхностей изготавливаемого изделия, но необходимы для выполнения данной операции, например установка и закрепление заготовки, раскрепление

и снятие детали, управление механизмами станка, контрольные промеры и др.

Рабочий ход — это однократное перемещение инструмента относительно заготовки, сопровождаемое изменением формы, размеров и шероховатости поверхности заготовки или ее свойств.

Вспомогательный ход — это однократное перемещение инструмента относительно заготовки, не сопровождаемое изменением формы, размеров и шероховатости поверхностей заготовки или ее свойств, но необходимое для выполнения рабочего хода, например возврат суппорта токарного станка в исходное положение. Время, затрачиваемое на выполнение вспомогательных ходов, входит в состав вспомогательного времени технологического процесса.

Концентрация операций — это объединение (укрупнение) нескольких операций в одну более сложную операцию. Критерием для оценки степени концентрации операции служит количество предусмотренных в ней простых переходов. Пределом концентрации операции является сосредоточение всей обработки детали в одной операции.

Дифференциация операций — это расчленение сложных операций на более простые операции. Критерием для оценки степени дифференциации операции служит количество предусмотренных в ней простых переходов. Пределом дифференциации операции является разделение технологического процесса на такие операции, каждая из которых будет состоять из одного простого перехода.

Цикл технологической операции — это интервал времени от начала и до конца периодически повторяющейся операции независимо от числа одновременно изготавливаемых изделий.

Такт выпуска — это интервал времени, через который периодически выпускается определенное изделие. Определяется такт τ выпуска, мин/шт., отношением времени Φ , затраченного на изготовление изделий, к числу этих N изделий, изготовленных за указанное время:

$$\tau = \Phi / N. \quad (1.1)$$

Ритм выпуска — это количество изделий определенного наименования, выпускаемых в единицу времени. Это величина обратная такту выпуска.

Производственная программа — это перечень наименований изделий с указанием объема выпуска и сроков изготовления по каждому типоразмеру.

Массовое производство — это производство, характеризующееся узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий. На каждом рабочем месте выполняется только одна непрерывно повторяющаяся технологическая операция. Технологическое оборудование располагается в последовательности выполнения технологических операций в виде поточных линий. Длительность каждой операции стремится сделать кратной такту выпуска изделия, который определен по формуле (1.1).

Серийное производство — это производство, характеризующееся ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися производственными партиями, и сравнительно большим объемом выпуска этих изделий.

В зависимости от числа деталей в партии, массы и размеров этих деталей различают крупносерийное, среднесерийное и мелкосерийное производство.

Производственная партия — это группа заготовок одного наименования, одновременно запускаемых в обработку в течение определенного интервала времени. Партии обработанных деталей хранят у станков или на складе, а затем периодически транспортируют на следующую операцию. Объем партии заготовок рассчитывают по формуле

$$Q = aN_p/254, \quad (1.2)$$

где Q — число заготовок в партии; a — число дней, на которое необходимо иметь запас заготовок или деталей на складе ($a = 3 \dots 6$ для крупных деталей, $a = 6 \dots 12$ для средних деталей и $a = 12 \dots 24$ для мелких деталей); N_p — число деталей в годовой программе выпуска; 254 — среднее число рабочих дней в году.

Единичное производство — это производство, характеризующееся широкой номенклатурой изготавливаемых изделий и малым объемом их выпуска. В единичном производстве изготовление одинаковых изделий или не повторяется, или может повториться через неопределенное время.

Задание 1.1

По одному из вариантов индивидуальных заданий, представленных в табл. 1.1, составить структуру технологического процесса обработки конструктивных элементов (А, Б, К, С, О) детали, ведоменных жирной линией (рис. 1.1, а), в условиях серийного производства, подразделив его на операции и переходы. Заготовка, поступающая на обработку, представлена на рис. 1.1, б.

Таблица 1.1. Индивидуальные варианты для выполнения задания 1.1

Вариант	Размеры заготовки				Размеры детали													Итого операций n	
					А			Б			К			С			О		
	М, мм	Д, мм	Г, мм	Е, мм	Номинальный размер, мм	Поле допуска	R_z , мкм	Номинальный размер, мм	Поле допуска	R_a , мкм	Номинальный размер, мм	Поле допуска	R_a , мкм	Номинальный размер, мм	Поле допуска	R_z , мкм	Номинальный размер, мм		Поле допуска
0	10d11	30d11	70d11	20c11	16	H10	20	10	H9	2,5	12	H10	2,5	10	js15	20	50	js15	2
1	12d11	35b12	80c11	24h12	14	H11	20	12	H8	1,25	10	H10	2,5	12	js14	20	42	js15	6
2	10d11	30h14	70b12	20d11	16	H10	20	11	H10	2,5	12	H10	2,5	11	js16	20	55	js14	6
3	14c11	40h12	80d11	30b12	18	H11	20	13	H9	1,25	14	H9	1,25	15	js14	20	46	js16	3
4	5c11	32h14	74b12	25d11	16	H10	20	12	H10	2,5	12	H10	2,5	12	js15	20	50	js14	2
5	10d11	30h12	72b12	20c11	15	H12	20	12	H9	2,5	11	H10	2,5	8	js16	20	48	js15	6
6	14h12	32b12	70d11	35h12	16	H10	20	10	H8	1,25	10	H8	1,25	14	js14	20	48	js15	6
7	12h14	36d11	78c11	30b12	20	H11	20	12	H8	2,5	14	H8	1,25	13	js15	20	50	js16	6
8	8b12	30h12	72b12	22c11	18	H10	20	11	H8	1,25	12	H10	2,5	12	js14	20	48	js14	4
9	10b12	32h14	70d11	20b12	20	H11	20	10	H9	1,25	10	H10	2,5	10	js16	20	46	js15	3
10	12d11	30b12	72c11	28h12	22	H10	20	11	H8	1,25	11	H9	1,25	14	js15	20	46	js15	6

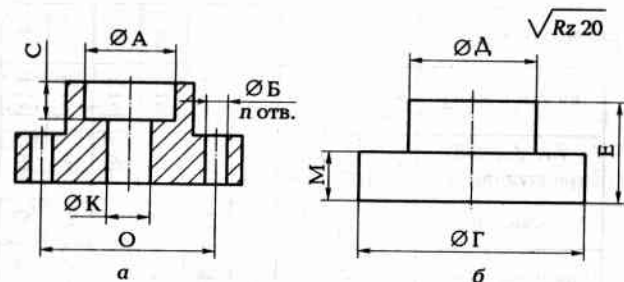


Рис. 1.1. Обрабатываемая деталь:

а — обрабатываемые поверхности; б — заготовка

Отчет по заданию должен содержать:

- таблицу перевода буквенных обозначений допусков в цифровые значения;
- эскиз заготовки и детали;
- операционные эскизы;
- вариант технологического процесса с содержанием переходов.

Пример выполнения задания 1.1 (вариант № 0).

По таблице ЕСДП находим значения верхних и нижних отклонений на все размеры по заданию. Результат перевода буквенного обозначения допусков в цифровые значения приведен в табл. 1.2.

Таблица 1.2. Результат перевода буквенных обозначений допусков в числовые

Обозначение размера на рис. 1.1	Номинальное значение размера, мм	Буквенное обозначение допуска	Значения отклонений, мкм	Значения отклонений, мм	Размер с числовым допуском, мм
М	10	d11	-40 -130	-0,040 -0,130	$10_{-0,13}^{-0,04}$
А	30	d11	-65 -195	-0,065 -0,195	$30_{-0,195}^{-0,065}$
Г	70	d11	-100 -290	-0,100 -0,290	$70_{-0,29}^{-0,10}$
Е	20	c11	-110 -240	-0,110 -0,240	$20_{-0,24}^{-0,11}$

Окончание табл. 1.2

Обозначение размера на рис. 1.1	Номинальное значение размера, мм	Буквенное обозначение допуска	Значения отклонений, мкм	Значения отклонений, мм	Размер с числовым допуском, мм
А	16	H10	+70 0	+0,070 0	$16^{+0,07}$
Б	10	H9	+36 0	+0,036 0	$10^{+0,036}$
К	12	H10	+70 0	+0,070 0	$12^{+0,07}$
С	10	js15	±290	±0,290	$10 \pm 0,29$
О	50	js15	±1 000	±1,000	50 ± 1

Анализируя чертеж заготовки (см. рис. 1.1, а и табл. 1.1) и чертеж детали (см. рис. 1.1, б и табл. 1.1), где указаны все требуемые параметры обрабатываемых поверхностей, определяем, что готовую деталь можно получить при обработке заготовки за одну или несколько операций, что зависит от приспособления для сверления.

При использовании приспособления с быстросменными кондукторными втулками, вертикально-сверлильного станка и набора режущего инструмента, состоящего из двух сверл разного диаметра, трех зенкеров разного диаметра и двух разверток также разного диаметра, возможна обработка отверстий по варианту, представленному в табл. 1.3.

Таблица 1.3. Процесс обработки заготовки в приспособлении с быстросменными кондукторными втулками

Номер операции	Номер перехода	Содержание операции или перехода	Вид перехода
05	Сверление, зенкерование, развертывание		
	1	Установить и закрепить заготовку	Вспомогательный
	2	Сверлить отверстие К	Основной
	4	Заменить сверло	Вспомогательный

Окончание табл. 1.3

Номер операции	Номер перехода	Содержание операции или перехода	Вид перехода
	5	Сверлить первое отверстие Б	Основной
	6	Сверлить второе отверстие Б	Основной
	7	Заменить быстросменную кондукторную втулку	Вспомогательный
	8	Установить зенкер	Вспомогательный
	9	Зенкеровать отверстие К	Основной
	10	Заменить зенкер	Вспомогательный
	11	Заменить быстросменную кондукторную втулку	Вспомогательный
	12	Зенкеровать отверстие А	Основной
	13	Заменить зенкер	Вспомогательный
	14	Зенкеровать первое отверстие Б	Основной
	15	Зенкеровать второе отверстие Б	Основной
	16	Заменить быстросменную кондукторную втулку	Вспомогательный
	17	Установить развертку	Вспомогательный
	18	Развертывать отверстие К	Основной
	19	Заменить развертку	Вспомогательный
	20	Развертывать первое отверстие Б	Основной
	21	Развертывать второе отверстие Б	Основной
	22	Раскрепить и снять деталь	Вспомогательный
10	Контроль размеров детали		

При обработке заготовки в сверлильных приспособлениях с постоянными кондукторными втулками потребуется не менее трех приспособлений для сверления, а обработка отверстий будет выполняться в несколько операций, что может сделать процесс обработки отверстий более дорогим. Окончательный ответ на этот вопрос может быть получен в результате экономического анализа операций, что будет рассматриваться в одном из последующих разделов.

Задание 1.2

По одному из вариантов индивидуальных заданий (табл. 1.4) составить содержание операции и переходов для изготовления в условиях среднесерийного производства детали (рис. 1.2, а) из прутка, нарезанного на штучные заготовки (рис. 1.2, б). Все поверхности (А, Б, К, С, О) обрабатывают за один проход.

Отчет по заданию должен содержать:

- таблицу перевода буквенных обозначений допусков в цифровые значения;
- операционные эскизы;
- вариант технологического процесса с содержанием переходов.

Пример выполнения задания 1.2 (вариант № 0).

По таблице ЕСДП находим значения верхних и нижних отклонений на все размеры по заданию. Результат перевода буквенного обозначения допусков в цифровые значения приведен в табл. 1.5.

Построим операционный эскиз (операции 05) (рис. 1.2, в).

Анализируя чертеж заготовки (см. рис. 1.2, б), операционные эскизы (см. рис. 1.2, в, г) и табл. 1.4, где указаны все требуемые параметры обрабатываемых поверхностей, определяем, что заготовку лучше обрабатывать на заранее налаженном токарно-револьверном станке в одну токарную операцию, но за два установка, базируя ее в трехкулачковом патроне. Операция будет состоять из девяти простых переходов. Один из возможных вариантов последовательности выполнения переходов представлен в табл. 1.6.

При совмещении обработки некоторых поверхностей, т. е. при использовании более сложных переходов, количество переходов уменьшится, но это усложнит наладку и подналадку операции.

Таблица 1.4. Индивидуальные варианты для выполнения задания 1.2

Вариант	Размеры заготовки		Размеры Детали														
	М, мм	Е, мм	А		Б		К		В		С		О				
			Номинальный размер, мм	Поле допуска	Rz, мкм	Номинальный размер, мм	Поле допуска	Rz, мкм	Номинальный размер, мм	Поле допуска	Rz, мкм	Номинальный размер, мм	Поле допуска	Rz, мкм			
0	62js15	90h15	87	d11	20	H11	10	16	b12	20	20	58	js12	20	c11	20	20
1	80js14	95h14	92	c11	20	H12	12	10	h10	20	20	78	js14	20	d11	20	20
2	70js16	80h16	77	d10	20	H13	11	12	d11	20	20	67	js16	20	b11	20	20
3	80js15	90h15	86	b11	20	H12	13	14	h12	20	20	77	js14	20	h10	20	20
4	74js13	92h16	90	a10	20	H15	12	12	d11	20	20	72	js15	20	b11	20	20
5	72js15	85h15	83	b12	20	H13	12	11	b12	20	20	70	js16	20	d11	20	20
6	70js14	90h14	88	h10	20	H15	10	10	d11	20	20	68	js14	20	d11	20	20
7	78js16	94h15	91	d11	20	H14	12	14	b12	20	20	75	js15	20	d11	20	20
8	72js13	90h13	87	d11	20	H14	11	12	h13	20	20	70	js14	20	a10	20	20
9	70js14	88h15	86	c11	20	H15	10	10	d11	20	20	67	js16	20	b11	20	20
10	72js15	92h16	90	b12	20	H14	11	11	b12	20	20	70	js15	20	b11	20	20

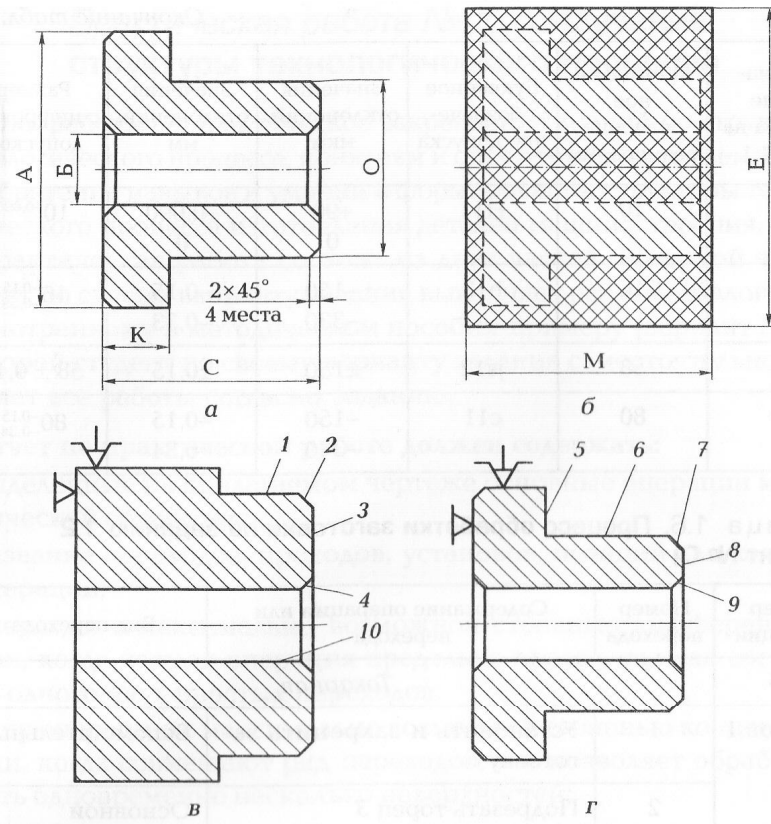


Рис. 1.2. Содержание операции:

а — обрабатываемая деталь; б — штучная заготовка; в — обрабатываемые поверхности с первого станова; г — обрабатываемые поверхности со второго станова; 1—10 — последовательность обработки поверхностей

Таблица 1.5. Результат перевода буквенных обозначений допусков в цифровые

Обозначение размера на рис. 1.1	Номинальное значение размера, мм	Буквенное обозначение допуска	Значения отклонений, мкм	Значения отклонений, мм	Размер с цифровым допуском
М	62	js15	±600	±0,6	62 ± 0,6
Е	90	h15	-1 400	-1,4	90 _{-1,4}
А	87	d11	-120 -340	-0,12 -0,34	87 ^{-0,12} _{-0,34}

Обозначение размера на рис. 1.1	Номинальное значение размера, мм	Буквенное обозначение допуска	Значения отклонений, мкм	Значения отклонений, мм	Размер с цифровым допуском
Б	10	H11	+90 0	+0,090 0	$10^{+0,090}$
К	16	b12	-150 -330	-0,15 -0,33	$16_{-0,33}^{-0,15}$
С	58	js12	± 150	$\pm 0,15$	$58 \pm 0,15$
О	80	c11	-150 -340	-0,15 -0,34	$80_{-0,34}^{-0,15}$

Таблица 1.6. Процесс обработки заготовки по заданию 1.2 (вариант № 0)

Номер операции	Номер перехода	Содержание операции или перехода	Вид перехода
0,5	Токарная		
Установ 1	1	Установить и закрепить заготовку	Вспомогательный
	2	Подрезать торец 3	Основной
	3	Точить поверхность 1 на длину 25 мм	Основной
	4	Сверлить отверстие 10	Основной
	5	Точить фаску 2	Основной
	6	Точить фаску 4	Основной
	7	Переустановить заготовку	Вспомогательный
Установ 2	8	Подрезать торец 8	Основной
	9	Точить поверхность 6 с образованием поверхности 5	Основной
	10	Точить фаску 7	Основной
	11	Точить фаску 8	Основной
	12	Снять деталь	Вспомогательный
10	Контрольная		

Практическая работа № 1.1. Изучение структуры технологического процесса

Цель работы — практическое закрепление знаний по структуре технологического процесса, понятиям и определениям его элементов; приобретение навыков и умений в формировании структуры технологического процесса изготовления деталей машиностроения.

Практическая работа состоит из двух частей. В первой части студент по своему варианту задания выполняет работы, аналогично рассмотренному в методическом пособии примеру (вариант № 0). Во второй студент по своему варианту задания самостоятельно выполняет все работы согласно заданию.

Отчет по практической работе должен содержать:

- выделенные на прилагаемом чертеже основные операции механической обработки;
- название переходов, проходов, установов, позиций для каждой операции;
- операции с максимально возможной степенью дифференциации, когда каждая операция предельно проста, так как состоит из одного-двух простых переходов;
- одну операцию с максимально возможной степенью концентрации, когда совмещают ряд переходов, что позволяет обрабатывать одновременно несколько поверхностей;

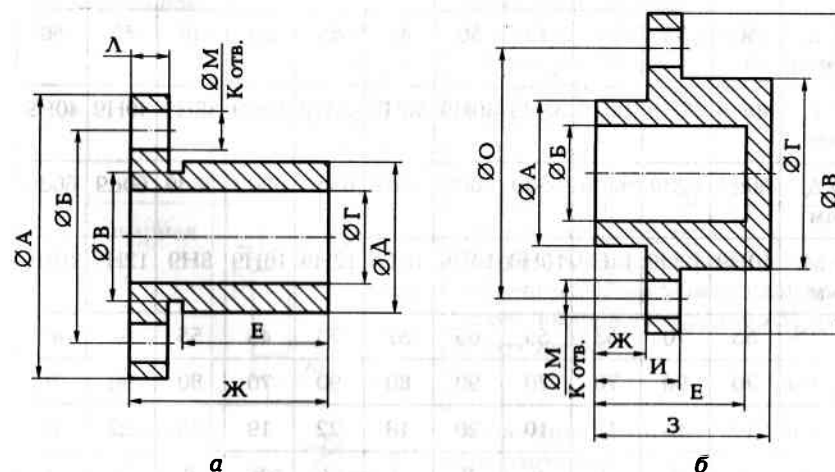


Рис. 1.3. Исходная информация для выполнения практической работы № 1.1:

а — первая деталь; б — вторая деталь

- перечень вспомогательных переходов при обработке детали.

Первая часть задания:

- изучить рабочий чертеж детали (рис. 1.3, а и табл. 1.7) по своему варианту задания;
- определить возможные методы обработки поверхностей детали;
- по каждой поверхности назначить простейшие операции, состоящие из одного-двух переходов механической обработки (табл. 1.8);
- составить операцию с высокой степенью концентрации, состоящую из нескольких переходов, проходов, позиций и установок.

Таблица 1.7. Индивидуальные варианты для выполнения первой части практической работы № 1.1

Показатели детали	Вариант										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ø А, мм	98с9	100с9	110с9	90с9	100с9	90с9	110с9	100с9	95с9	110с9	100с9
Ø Б, мм	78js9	80js9	82js9	60js9	80js9	70js9	90js9	80js9	75js9	90js9	80js9
Ø В, мм	50	52	54	45	50	48	55	50	48	50	50
Ø Г, мм	40Н9	42Н9	44Н9	35Н9	40Н9	38Н9	45Н9	40Н9	38Н9	40Н9	40Н9
Ø Д, мм	60d9	62d9	64d9	55d9	60d9	58d9	65d9	60d9	58d9	60d9	60d9
Ø М, мм	10Н9	12Н9	14Н9	10Н9	10Н9	8Н9	12Н9	10Н9	8Н9	12Н9	10Н9
Е, мм	55	70	53	55	65	57	73	46	55	63	49
Ж, мм	70	90	70	70	90	80	90	70	80	90	70
Л, мм	10	15	12	10	20	18	22	19	20	22	16
К, шт.	5	4	3	6	8	4	3	6	8	6	4

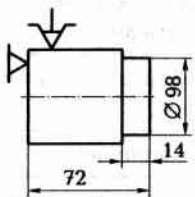
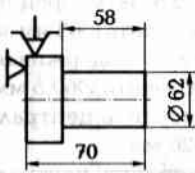
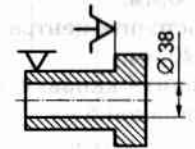
Примечание. Эскиз более сложной (концентрированной) токарной операции, состоящей из семи основных переходов, представлен в табл. 1.8.

Вспомогательными переходами во всех операциях являются установка заготовки и снятие детали.

Вторая часть задания:

- выделить по прилагаемому к заданию чертежу детали (рис. 1.3, б и табл. 1.9) основные операции механической обработки;
- по каждой операции назвать переходы, проходы, установки, позиции;
- показать операции с максимально возможной степенью дифференциации, когда каждая операция предельно проста, так как состоит из одного-двух простых переходов;
- показать одну операцию с максимально возможной степенью концентрации, когда совмещают ряд переходов для одновременной обработки несколько поверхностей;
- выделить вспомогательные переходы при обработке детали.

Таблица 1.8. Результаты выполнения первой части практической работы № 1.1 (вариант № 0)

Номер и наименование операций	Операционный эскиз	Содержание переходов
<i>Основное задание</i>		
05 — токарная черновая		Установить заготовку. Подрезать торец на размер 72 мм. Обточить Ø98 мм за один проход на длину 14 мм. Снять деталь
10 — токарная черновая		Установить заготовку. Подрезать торец на размер 70 мм. Обточить Ø62 мм за несколько проходов, выдерживая размер 58 мм. Снять деталь
15 — токарная черновая		Установить заготовку. Сверлить отверстие предварительно Ø20 мм. Расточить отверстие Ø38 мм. Снять деталь

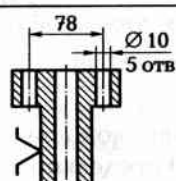
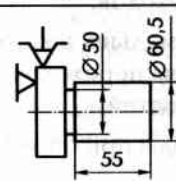
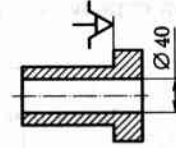
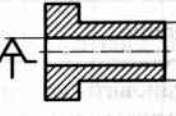
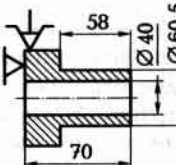
Номер и наименование операций	Операционный эскиз	Содержание переходов
20 — сверлильная		Установить заготовку. Сверлить 5 отверстий предварительно $\varnothing 9,6$ мм. Зенкеровать 5 отверстий $\varnothing 9,9$ мм. Развернуть 5 отверстий $\varnothing 10H9$. Снять деталь
25 — токарная чистовая		Установить заготовку. Обточить $\varnothing 60,5$ мм. Точить канавку $\varnothing 50$ мм резцом шириной 5 мм. Снять деталь
30 — токарная чистовая		Установить заготовку. Расточить отверстие $\varnothing 40$ мм. Снять деталь
35 — шлифовальная		Установить заготовку. Шлифовать наружную поверхность $\varnothing 60$ мм. Снять деталь
40 — контрольная	См. рис. 1.3 и табл. 1.7	Контроль геометрических параметров
<i>Дополнительное задание</i>		
Операция с высокой степенью концентрации		Установить заготовку. Подрезать торец на размер 70 мм. Обточить $\varnothing 62$ мм за несколько проходов, выдерживая размер 58 мм. Обточить $\varnothing 60,5$ мм. Сверлить центральное отверстие $\varnothing 20$ мм. Расточить центральное отверстие $\varnothing 38$ мм. Расточить центральное отверстие $\varnothing 40$ мм. Точить канавку $\varnothing 50$ мм резцом шириной 5 мм. Снять деталь

Таблица 1.9. Индивидуальные варианты для выполнения второй части практической работы № 1.1

Показатели детали	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\varnothing A$, мм	30	35	40	36	32	30	32	30	28	32
$\varnothing B$, мм	25	30	34	30	28	24	26	24	22	28
$\varnothing B$, мм	20	26	30	26	24	20	22	18	16	22
$\varnothing Г$, мм	35	40	45	42	39	36	38	38	36	40
$\varnothing M$, мм	8H9	10H9	12H9	10H9	9H9	8H9	12H9	9H9	11H9	8H9
Размер Ж, мм	8	12	14	10	14	18	22	20	12	12
Размер З, мм	25	30	32	28	36	40	42	34	30	28
Размер И, мм	12	18	19	15	19	23	27	25	17	17
Размер Е, мм	20	26	28	24	32	36	38	30	26	24
$\varnothing O$, мм	50js14	50js9	50js14	50js14	50js9	50js14	50js14	50js9	50js14	50js14
Число К отверстий	2	4	6	4	6	4	2	4	8	6

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 1.1

1. Назовите структуру технологического процесса механической обработки.
2. Что называют основной операцией технологического процесса?
3. Что называют вспомогательной операцией технологического процесса?
4. Что называют основным переходом?
5. Что называют вспомогательным переходом?
6. Что называют установом?
7. Объясните сущность выполнения операции в два установка.
8. Чем отличается простой переход от сложного перехода?
9. Какая операция технологического процесса считается основной?
10. Какой переход технологической операции считается основным?

1.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ПРИПУСКОВ

Заготовка — это предмет производства, форма которого приближена к форме детали, из которого изготавливают деталь или неразъемную сборочную единицу путем изменения формы и шероховатости поверхностей, их размеров, а также свойств материала. Принято считать, что на любую операцию поступает заготовка, а выходит с операции деталь.

Конфигурация заготовки обусловлена конструкцией детали, ее размерами, материалом и условиями работы детали в готовом изделии, т. е. всеми видами нагрузок, воздействующих на деталь во время эксплуатации готового изделия.

Исходная заготовка — это заготовка, поступающая на первую операцию технологического процесса.

Припуск — это слой материала заготовки, удаляемый в процессе ее механической обработки для получения требуемой точности и параметров поверхностного слоя готовой детали.

Промежуточный припуск — это слой материала, снимаемый при выполнении одного технологического перехода. Его определяют как разность размера поверхности заготовки, полученного на предыдущей операции, и размера этой же поверхности детали, полученного при выполнении данного перехода по обработке поверхности заготовки в одной операции.

Операционный припуск — это толщина слоя материала, снимаемого с конкретной поверхности заготовки в одной операции. Величина Z_0 операционного припуска зависит от следующих параметров:

- высота неровностей Rz поверхности (шероховатости), образовавшихся на предыдущей операции;
- глубина h_A дефектного слоя поверхности заготовки;
- допуск T на операционный размер и др.

Операционные припуски определяют расчетно-аналитическим или опытно-статистическим методом.

Общий припуск — это сумма всех промежуточных припусков по всему технологическому маршруту механической обработки конкретной поверхности заготовки.

Общий припуск для каждой поверхности заготовки можно определить в виде разности размера этой поверхности заготовки и размера этой же поверхности готовой детали.

Расчетно-аналитический метод определения припусков дает возможность при обработке поверхностей вращения определять припуск либо на диаметр, либо на радиус (на сторону).

В общем случае величина припуска на диаметр

$$Z_0 = 2[Rz + h_A + T], \quad (1.3)$$

где Rz — высота неровностей поверхности (шероховатости), образовавшихся на предыдущей операции; h_A — глубина дефектного слоя поверхности заготовки; T — допуск на операционный размер.

При обработке плоской поверхности (односторонняя обработка) припуск задается на сторону. В общем случае величина припуска на сторону

$$Z_0 = Rz + h_A + T. \quad (1.4)$$

Общий припуск на механическую обработку определяется сравнением размеров поверхностей заготовки и соответствующих поверхностей детали.

Для наружной поверхности вращения (рис. 1.4) общий припуск на диаметр

$$2Z_{\text{обнд}} = d_0 - d_A, \quad (1.5)$$

где d_0 — наружный диаметр заготовки; d_A — наружный диаметр детали.

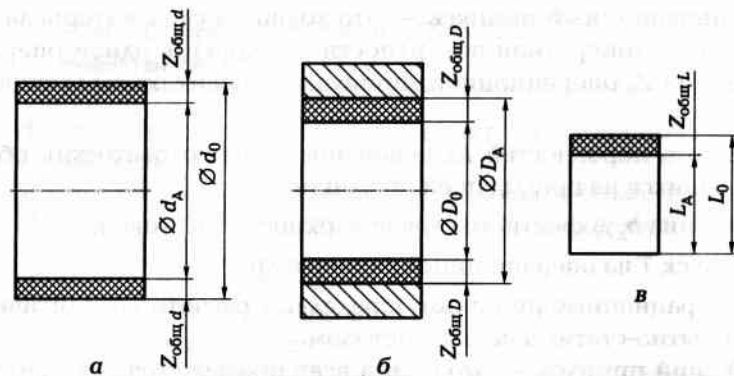


Рис. 1.4. Схема расположения припусков на механическую обработку: а — для наружной цилиндрической поверхности; б — для внутренней цилиндрической поверхности; в — для плоской поверхности

Для внутренней поверхности вращения (рис. 1.4, б) общий припуск на диаметр

$$2Z_{\text{общ}D} = D_A - D_0, \quad (1.6)$$

где D_A — внутренний диаметр детали; D_0 — внутренний диаметр заготовки.

Для плоской поверхности (рис. 1.4, в) общий припуск

$$Z_{\text{общ}L} = L_0 - L_A, \quad (1.7)$$

где L_0 — размер заготовки; L_A — размер детали.

После того как определили промежуточные припуски для каждого перехода, определяют промежуточные размеры заготовки, что позволяет подобрать режущий и мерительный инструмент.

Опытно-статистический метод определения припусков дает возможность определять припуски на переходы, величина которых во многом определяется методом обработки поверхности заготовки и ее размерами. При этом методе используют таблицы из нормативно-справочных источников.

Задание 1.3

Деталь — вал (рис. 1.5, а) изготавливают в условиях мелкосерийного производства из горячекатаной заготовки (рис. 1.5, б). Наибольшую по диаметру ступень вала обрабатывают в два перехода. Требуется по одному из вариантов задания (табл. 1.10) установить общий припуск, промежуточные припуски на оба перехода механической обработки наибольшего диаметра детали; рассчитать промежуточный

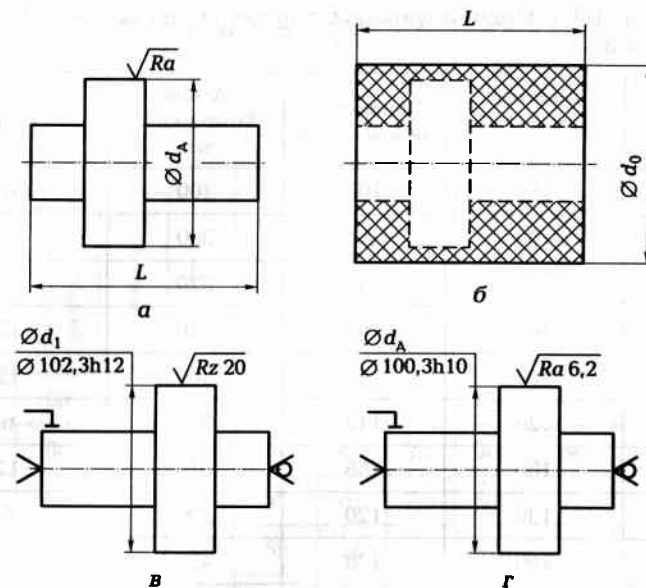


Рис. 1.5. Схема обработки наибольшей по диаметру ступени вала: а — вал; б — заготовка; в — обтачивание; г — шлифование

размер после первого перехода и выполнить операционные эскизы на оба перехода.

Отчет по заданию должен содержать:

- эскизы детали и заготовки;
- операционные эскизы;
- расчетные формулы с результатами расчета.

Пример выполнения задания 1.3 (вариант № 0)

По формуле (1.5) с учетом задания (см. вариант № 0, табл. 1.10) найдем общий припуск на механическую обработку наибольшего диаметра:

$$2Z_{\text{общ}d} = d_0 - d_A = 110 - 100 = 10 \text{ мм.}$$

Промежуточный припуск на диаметр при чистовом точении найдем по табл. П8.1:

$$2Z_{\text{табл}} = 1,8 \text{ мм.}$$

Для мелкосерийного производства припуск следует увеличить, для чего вводится коэффициент $K = 1,3$, тогда

$$2Z_{\text{расч}} = 2Z_{\text{табл}} K = 1,8 \cdot 1,3 = 2,34 \text{ мм} \approx 2,3 \text{ мм.}$$

Таблица 1.10. Индивидуальные варианты для выполнения задания 1.3

Вариант	Диаметр заготовки d_0 , мм	Диаметр детали d_A , мм	Длина заготовки L , мм	Ra , мкм
0	110	100	400	6,2
1	100	92	300	12,5
2	140	130	320	6,2
3	180	168	340	12,5
4	200	186	300	12,5
5	120	112	350	6,2
6	180	168	310	12,5
7	130	120	390	6,2
8	150	138	400	12,5
9	110	102	300	6,2
10	140	129	350	12,5

Припуск на диаметр при черновом точении можно определить по табл. П8.1 или расчетом:

$$2Z_1 = 2Z_{\text{общ}} - 2Z_{\text{расч}} = 10 - 2,3 = 7,7 \text{ мм.}$$

Диаметр d_1 после черного прохода (рис. 1.5, в) определяется исходя из максимального диаметра детали и припуска $Z_{\text{расч}}$ на чистовое точение:

$$d_1 = d_{\text{дmax}} + 2Z_{\text{расч}} = 100 + 2,3 = 102,3 \text{ мм.}$$

Точность получают по качеству h12, т.е. 102,3h12, а шероховатость поверхности для черного точения Rz 20. Операционные эскизы черного и чистового точения представлены на рис. 1.5, в, г, а размеры детали соответствуют заданным.

Задание 1.4

По одному из вариантов задания (табл. 1.11) определить с помощью таблиц операционные припуски, рассчитать операционные размеры для всех переходов изготовления детали — вала (рис. 1.6, а) из поковки (рис. 1.6, б), которая прошла фрезерно-центровальную операцию; выполнить операционные эскизы.

Таблица 1.11. Индивидуальные варианты для выполнения задания 1.4

Вариант	Деталь						Заготовка			
	Ø B		Ø A			Длина L , мм	Ø M			
	Номинальный размер, мм	Точность	Ra , мкм	Номинальный размер, мм	Точность		Ra , мкм	Номинальный размер, мм	Точность	Rz , мкм
0	90	f8	2,5	42	f9	2,5	350	96	d11	250
1	80	z8	2,5	64	d9	2,5	300	88	js15	250
2	66	x8	2,5	56	d9	2,5	380	72	js14	250
3	86	u8	2,5	50	x8	2,5	320	94	js16	250
4	76	h8	2,5	48	u8	2,5	370	82	js15	250
5	68	s8	2,5	44	f8	2,5	340	76	js13	250
6	80	d9	2,5	64	z8	2,5	390	88	js15	250
7	94	d9	2,5	60	x8	2,5	360	100	js14	250
8	78	x8	2,5	56	u8	2,5	320	84	js16	250
9	82	u8	2,5	62	h8	2,5	380	90	js13	250
10	64	z8	2,5	46	s8	2,5	340	72	js14	250

Отчет по заданию должен содержать:

- эскизы детали и заготовки;
- операционные эскизы;
- расчетные формулы с результатами расчета.

Пример выполнения задания 1.4 (вариант № 0)

Используя Приложение 2, последовательность обработки заготовки, установленной в рифленых центрах, можно представить следующим образом (табл. 1.12).

Для диаметра В общий припуск на диаметр для механической обработки найдем по формуле (1.5):

$$2Z_{\text{общd}} = d_0 - d_A = 96 - 90 = 6 \text{ мм.}$$

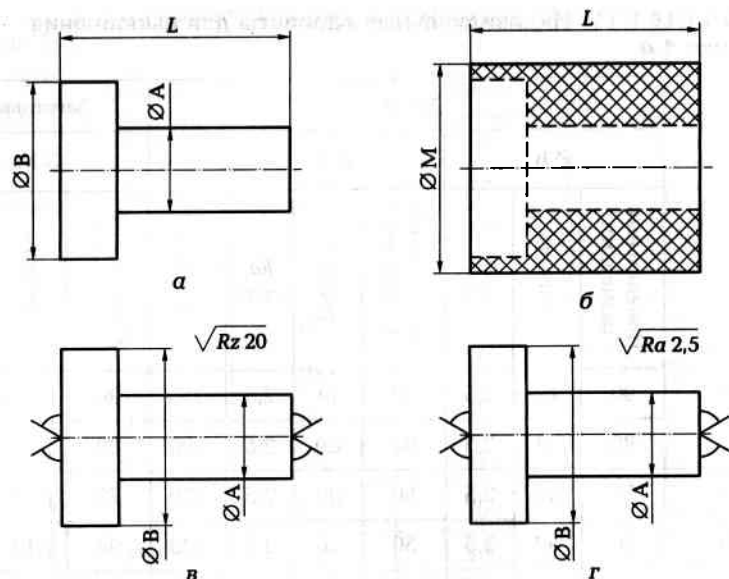


Рис. 1.6. Схема обработки вала:

а — деталь; б — расположение припуска на обработку; в — обтачивание; г — шлифование

С учетом последовательности обработки (см. табл. 1.12) имеем

$$2Z_{\text{общд}} = 2Z_1 + 2Z_2 + 2Z_3 + 2Z_4, \quad (1.8)$$

где $2Z_1$ — припуск на диаметр для чернового точения; $2Z_2$ — припуск на диаметр для чистового точения; $2Z_3$ — припуск на диаметр для предварительного шлифования; $2Z_4$ — припуск на диаметр для чистового шлифования.

По табл. П.8.1 находим, что операционный припуск на диаметр при шлифовании равен 0,6 мм. Распределяем его на шлифование предварительное и чистовое (примерно в отношении 3:1) и получаем $2Z_3 = 0,4$ мм, а $2Z_4 = 0,2$ мм.

По табл. П.8.1 находим, что припуск на чистовое точение $2Z_2 = 1,8$ мм, тогда припуск на черновое точение:

$$2Z_1 = 2Z_{\text{общд}} - 2Z_2 - 2Z_3 - 2Z_4 = 6 - 1,8 - 0,4 - 0,2 = 3,6 \text{ мм.}$$

С учетом ранее проведенных расчетов находим размеры, которые следует получить после каждого перехода.

После чернового точения следует получить размер $V_1 = V_0 - 2Z_1 = 96 - 3,6 = 92,4f14$.

После чистового точения следует получить размер $V_2 = V_1 - 2Z_2 = 92,4 - 1,8 = 90,6f12$.

Таблица 1.12. Последовательность обработки заготовки

Номер операции	Содержание перехода	Снимаемый припуск, мм	Полученные параметры		
			Точность	Шероховатость, мкм	Номинальный размер, мм
05	Установить заготовку	—	d11	Rz 250	96
	Черновое точение ØА (8—14 проходов)	52	f14	Rz 40	44
	Черновое точение ØВ	3,6	f14	Rz 40	92,4
	Чистовое точение ØА	1,5	f12	Rz 20	42,5
	Чистовое точение ØВ	1,8	f12	Rz 20	90,6
	Снять деталь	—	—	—	—
10	Установить заготовку	—	—	—	—
	Предварительное шлифование ØА	0,4	f10	Ra 6,2	42,1
	Предварительное шлифование ØВ	0,4	f10	Ra 6,2	90,2
	Чистовое шлифование ØА	0,1	f9	Ra 2,5	42
	Чистовое шлифование ØВ	0,2	f8	Ra 2,5	90
	Снять деталь	—	—	—	—
15	Контроль параметров детали	—	—	—	—

После предварительного шлифования следует получить размер $V_3 = V_2 - 2Z_3 = 90,6 - 0,4 = 90,2f10$.

После чистового шлифования следует получить размер $V_4 = V_3 - 2Z_4 = 90,2 - 0,2 = 90f8$.

Для диаметра А алгоритм действий аналогичен предыдущему.

Общий припуск на диаметр для механической обработки найдем по формуле (1.5):

$$2Z_{\text{общд}} = d_0 - d_A = 96 - 42 = 54 \text{ мм.}$$

С учетом последовательности обработки (см. табл. 1.12) имеем:

$$2Z_{\text{общд}} = 2Z_1 + 2Z_2 + 2Z_3 + 2Z_4, \quad (1.9)$$

где $2Z_1$ — припуск на диаметр для чернового точения; $2Z_2$ — припуск на диаметр для чистового точения; $2Z_3$ — припуск на диаметр для предварительного шлифования; $2Z_4$ — припуск на диаметр для чистового шлифования.

По табл. П.8.1 находим, что операционный припуск на диаметр при шлифовании равен 0,5 мм. Распределяем его на шлифование предварительное и чистовое (примерно в отношении 3:1) и получаем $2Z_3 = 0,4$ мм, а $2Z_4 = 0,1$ мм.

По табл. П.8.1 припуск на чистовое точение $2Z_2 = 1,5$ мм. Тогда припуск на черновое точение $2Z_1 = 2Z_{\text{общд}} - 2Z_2 - 2Z_3 - 2Z_4 = 54 - 1,5 - 0,4 - 0,1 = 52$ мм.

Безусловно, такой большой припуск на черновое точение придется снимать за несколько проходов в зависимости от жесткости заготовки. С учетом проведенных ранее расчетов находим размеры, которые следует получить после каждого перехода.

После чернового точения следует получить размер $V_1 = B_0 - 2Z_1 = 96 - 52 = 44f14$.

После чистового точения следует получить размер $V_2 = B_1 - 2Z_2 = 44 - 1,5 = 42,5f12$.

После предварительного шлифования следует получить размер $V_3 = B_2 - 2Z_3 = 42,5 - 0,4 = 42,1f10$.

После чистового шлифования следует получить размер $V_4 = V_3 - 2Z_4 = 42,1 - 0,1 = 42f9$.

Операционные эскизы для точения и шлифования представлены на рис. 1.6, в, г соответственно, а результаты расчета сведены в табл. 1.12.

Задание 1.5

По одному из вариантов задания (табл. 1.13) выбрать с помощью таблиц операционные припуски, рассчитать промежуточные размеры для выполнения всех переходов, выполнить операционные эскизы для обработки одной ступени (по указанию преподавателя) детали (рис. 1.7, а). Заготовка — поковка (рис. 1.7, б), прошла фрезерно-центровальную операцию.

Отчет по заданию должен содержать:

- эскизы детали и заготовки;

Таблица 1.13. Индивидуальные варианты для выполнения задания 1.5

Вариант	Показатели заготовки				Показатели детали				L, мм
	$\varnothing A_0$	$\varnothing B_0$	$\varnothing B_0$	$\varnothing \Gamma_0$	$\varnothing A_A$	$\varnothing B_A$	$\varnothing B_A$	$\varnothing \Gamma_A$	
0	44d11	66d11	40d11	32d11	38f8	60f8	36f8	28f8	430
1	40js15	46js15	36js15	34js15	30z8	40z8	32z8	22z8	430
2	38js14	66js14	34js14	26js14	32x8	60x8	30x8	20x8	430
3	46js16	62js16	42js16	34js16	38u8	56u8	38u8	28u8	430
4	50js15	66js15	48js15	37js15	44h8	62h8	44h8	32h8	430
5	50js13	68js13	40js13	27js13	42s8	64s8	36s8	20s8	430
6	40js15	60js15	42js15	29js15	30d9	55d9	38d9	22d9	430
7	32js14	66js14	36js14	27js14	28d9	60d9	30d9	20d9	430
8	42js16	64js16	40js16	34js16	38x8	58x8	36x8	28x8	430
9	40js13	66js13	35js13	30js13	32u8	62u8	32u8	22u8	430
10	32js14	50js14	35js14	25js14	25z8	44z8	30z8	18z8	430

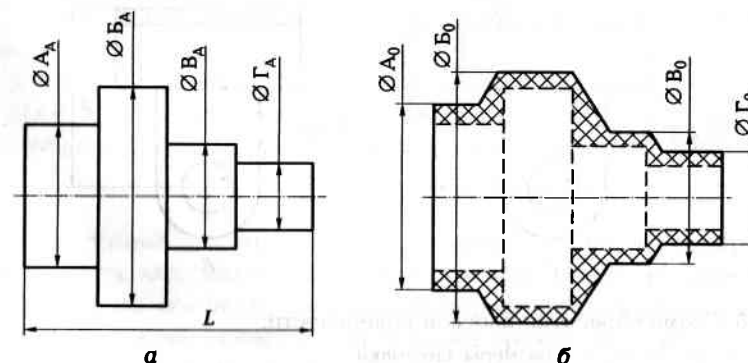


Рис. 1.7. Вал:

а — размеры детали; б — размеры заготовки

- операционные эскизы;
- расчетные формулы с результатами расчета.

Задание 1.6

По одному из вариантов задания (табл. 1.14) рассчитать промежуточные (операционные) размеры, составить операционные эскизы, выбрать припуски по таблицам (Приложение 4) для обработки плоскости стальной детали (рис. 1.8, а), заготовка которой (рис. 1.8, б) получена штамповкой. Отверстие $\varnothing 20H9$ обработано окончательно.

Таблица 1.14. Индивидуальные варианты для выполнения задания 1.6

Показатели заготовки и детали	Номер варианта										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A_0 , мм	74	86	94	120	78	90	132	150	64	87	98
A_A , мм	68	79	88	114	72	84	125	143	58	80	91
Ширина детали В, мм	60	48	66	58	37	65	68	45	78	46	100
Ra , мкм	6,25	12,5	6,25	6,25	12,5	12,5	20,0	6,25	12,5	6,25	20,0
Длина детали L, мм	120	88	168	240	140	256	186	160	242	320	210

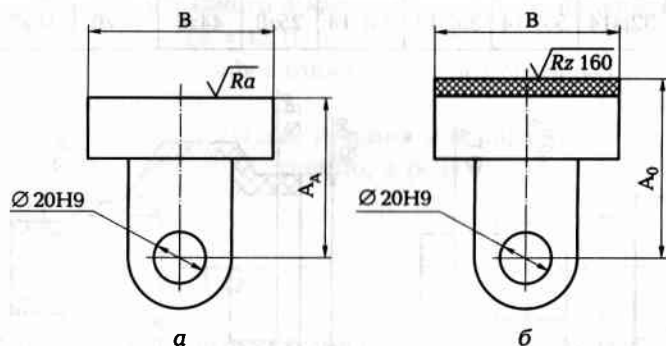


Рис. 1.8. Схема обработки плоской поверхности: а — размеры детали; б — размеры заготовки

Отчет по заданию должен содержать:

- эскизы детали и заготовки;
- операционный эскиз;
- расчетные формулы с результатами расчета.

1.3. РАСЧЕТ РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВОК

Форма заготовки должна быть приближена к форме детали. Это приближение во многом определяет технико-экономические показатели технологического процесса изготовления детали.

Спроектировать заготовку — это значит установить ее форму, размеры с допускаемыми отклонениями (допусками), припуски на механическую обработку, твердость материала и другие технические требования, которым должна соответствовать заготовка для детали.

При обработке любой поверхности за один рабочий ход на предварительно настроенном станке партии заготовок в результате упругих деформаций системы обработки и изменяющихся в пределах допуска размеров a заготовок от наименьшего a_{\min} до наибольшего a_{\max} размеры b деталей также будут изменяться от наименьших b_{\min} до наибольших b_{\max} . Значение Z промежуточного припуска также будет изменяться от наименьшего Z_{\min} до наибольшего Z_{\max} .

Значение i -го наименьшего промежуточного припуска представляется как разность:

$$Z_{i\min} = a_{\min} - b_{\max} \quad (1.10)$$

Значение i -го наибольшего промежуточного припуска

$$Z_{i\max} = a_{\max} - b_{\min} \quad (1.11)$$

Однако в рамках данного учебного пособия целесообразно пользоваться номинальными значениями припусков, размеров заготовки и размеров детали.

Номинальный припуск — это разность между номинальным размером a_{i-1} заготовки, полученным на предыдущем ($i-1$)-м переходе, и размером b_i детали, полученным на выполняемом i -м переходе:

$$Z_{i\text{ном}} = a_{i-1} - b_i \quad (1.12)$$

Тогда общий Z_0 номинальный припуск на обработку конкретной поверхности заготовки рассчитывают в виде суммы номинальных припусков на все технологические переходы (или операции) по обработке данной поверхности. В то же время этот припуск будет равен разности номинальных размеров заготовки и детали, т. е.:

$$Z_0 = \sum_1^n Z_{i\text{ном}} = a_{\text{ном.заг}} - b_{\text{ном.дет}} \quad (1.13)$$

где n — общее число технологических переходов или операций по обработке данной поверхности.

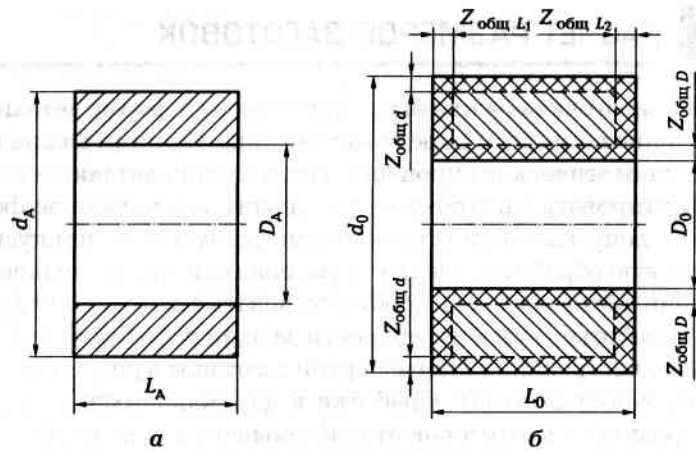


Рис. 1.9. Схема определения размеров заготовки:
 а — размеры детали; б — расположение припусков и размеры заготовки

Таким образом, наружные номинальные размеры каждой поверхности исходной заготовки определяют путем прибавления к наружным номинальным размерам d_A , D_A , L_A каждой поверхности детали общих номинальных припусков $Z_{общ d}$, $Z_{общ D}$, $Z_{общ L1}$, $Z_{общ L2}$ на обработку данной поверхности. Внутренние номинальные размеры каждой поверхности исходной заготовки определяют путем вычитания из внутренних номинальных размеров каждой поверхности детали общих номинальных припусков на обработку данной поверхности. Так, например, для детали, изображенной на рис. 1.9, а, размеры исходной заготовки (рис. 1.9, б) можно определить по формулам:

$$d_0 = d_A + 2Z_{общ d}; \quad (1.14)$$

$$D_0 = D_A + 2Z_{общ D}; \quad (1.15)$$

$$L_0 = L_A + Z_{общ L1} + Z_{общ L2}. \quad (1.16)$$

Общие припуски $Z_{общ d}$, $Z_{общ D}$, $Z_{общ L1}$ и $Z_{общ L2}$ выбирают по соответствующим таблицам.

Задание 1.7

По одному из вариантов задания (табл. 1.15) спроектировать исходную заготовку для изготовления вала (рис. 1.10, а) из стального (18ХН3А) проката в условиях мелкосерийного производства (200 шт./год). Шероховатость поверхности проката $Rz\ 250$ мкм.

Таблица 1.15. Индивидуальные варианты для выполнения задания 1.7

Вариант	Показатели детали								
	Ø А		Ø Б		Ø В		L ₁ , мм	L ₂ , мм	L, мм
	Номинальный размер, мм	Ra, мкм	Номинальный размер, мм	Ra, мкм	Номинальный размер, мм	Rz, мкм			
0	80	1,2	89	1,2	85	80	130	100	250
1	60	2,5	100	2,5	70	80	100	120	260
2	30	1,2	80	2,5	40	80	110	90	250
3	120	2,5	140	1,2	60	80	80	120	250
4	80	2,5	100	1,2	70	80	110	105	260
5	20	1,2	80	2,5	40	80	85	95	200
6	90	2,5	160	2,5	80	80	140	60	250
7	68	1,2	100	2,5	45	80	125	75	250
8	75	2,5	100	1,2	78	80	100	60	200
9	30	1,2	88	2,5	40	80	105	124	260
10	70	1,2	100	1,2	60	80	88	68	200

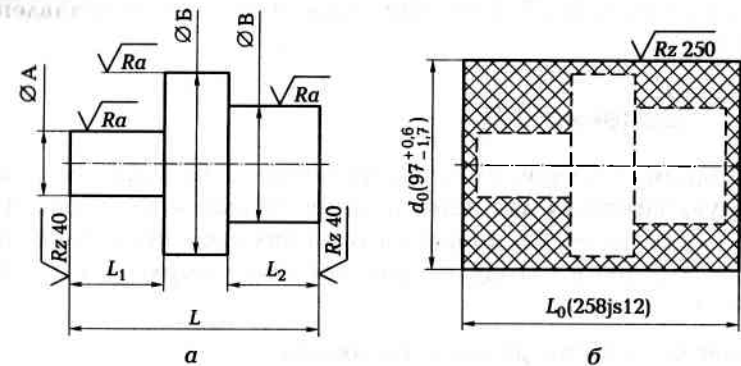


Рис. 1.10. Схема проектирования заготовки для вала:
 а — размеры детали; б — размеры заготовки

Отчет по заданию должен содержать:

- эскизы детали и заготовки;
- расчетные формулы и результаты расчета.

Пример выполнения задания 1.7 (вариант № 0)

Из анализа чертежа детали (см. рис. 1.10, а) следует, что перепады диаметров вала незначительные ($\Delta d \leq 9$ мм), требования к механическим свойствам материала заготовки отсутствуют, а производство мелкосерийное. Поэтому допустимо нарезать штучные заготовки из цилиндрического прутка длиной L_0 и диаметром d_0 .

Диаметр d_0 заготовки определяем по формуле (1.14). Общий припуск (табл. П8.1) $2Z_{\text{общ}d} = 8$ мм с учетом длины заготовки в интервале 180...260 мм и параметра шероховатости детали Ra 1,2 мкм. Тогда наружный диаметр заготовки

$$d_0 = d_A + 2Z_{\text{общ}d} = 89 + 8 = 97 \text{ мм.}$$

Длину L_0 штучной заготовки определяем по формуле (1.16). По табл. П8.1 с учетом длины заготовки в интервале 180...260 мм и параметра шероховатости детали Rz 40 мкм находим

$$Z_{\text{общ}L_1} = Z_{\text{общ}L_2} = 4 \text{ мм.}$$

Тогда длина штучной заготовки

$$L_0 = L_A + Z_{\text{общ}L_1} + Z_{\text{общ}L_2} = 250 + 4 + 4 = 258 \text{ мм.}$$

При разрезании прутка на штучные заготовки назначаем допуск на длину по 12-му качеству (js12), а допуск на диаметр установим +0,6...-1,7 мм (по ГОСТ 2590—88). Эскиз заготовки представлен на рис. 1.10, б.

Задание 1.8

По одному из вариантов задания (табл. 1.16) спроектировать исходную заготовку для изготовления детали — вала (рис. 1.11) из стального (сталь 45) проката в условиях среднесерийного производства (1 200 шт./год). Шероховатость поверхности проката Rz 250 мкм.

Отчет по заданию должен содержать:

- эскизы детали и заготовки;
- расчетные формулы и результаты расчета.

Таблица 1.16. Индивидуальные варианты для выполнения задания 1.8

Вариант	Показатели детали						L_1 , мм	L_2 , мм	L , мм
	$\varnothing A$		$\varnothing B$		$\varnothing B$				
	Номинальный размер, мм	Ra , мкм	Номинальный размер, мм	Ra , мкм	Номинальный размер, мм	Rz , мкм			
1	70	2,5	120	2,5	70	80	100	100	200
2	40	1,2	180	2,5	40	80	90	90	260
3	60	2,5	100	1,2	60	80	60	60	200
4	70	2,5	160	1,2	70	80	105	105	260
5	40	1,2	90	2,5	40	80	95	95	220
6	80	2,5	110	2,5	80	80	60	60	210
7	45	1,2	100	2,5	45	80	75	75	230
8	78	2,5	140	1,2	78	80	60	60	180
9	40	1,2	98	2,5	40	80	80	80	205
10	60	1,2	150	1,2	60	80	68	68	195

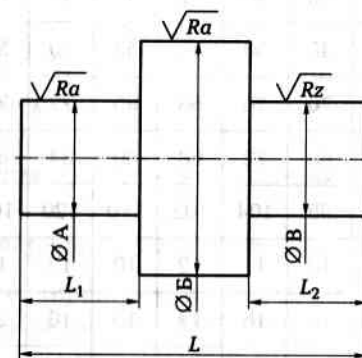


Рис. 1.11. Эскиз обрабатываемой детали (вала)

Задание 1.9

По одному из вариантов задания (табл. 1.17) спроектировать исходную заготовку для изготовления корпуса (рис. 1.12) из серого чугуна в условиях крупносерийного производства (20 000 шт./год). Шероховатость поверхности заготовки $Rz \leq 320$ мкм.

Отчет по заданию должен содержать:

- эскизы детали и заготовки;
- расчетные формулы и результаты расчета.

Пример выполнения задания 1.9 (вариант № 0)

Из анализа чертежа детали (см. рис. 1.12) следует, что механической обработке подвергаются:

- внутреннее отверстие диаметром $D = 55$ мм, расположенное на расстоянии $E = 70$ мм от плоскости D ;
- плоскость D основания;

Таблица 1.17. Индивидуальные варианты для выполнения задания 1.9

Показатели детали	Вариант										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А, мм	15	20	16	12	14	12	16	12	14	16	14
Б, мм	96	104	98	102	104	100	104	116	112	118	108
В, мм	76	82	78	80	82	80	82	92	92	90	88
Г, мм	38	41	36	40	41	40	41	46	46	45	44
Ø Д, мм	55	50	48	50	48	52	50	56	56	52	50
Е, мм	70	65	70	76	68	80	72	76	86	80	72
И, мм	96	70	66	72	68	80	84	60	64	58	76
К, мм	120	100	98	104	102	110	120	100	96	102	100
Ø Т, мм	10	12	10	11	12	10	12	14	10	14	10
Х, мм	12	15	16	16	17	15	18	20	16	22	12
Радиус R, мм	32	30	29	30	30	30	30	34	36	35	34

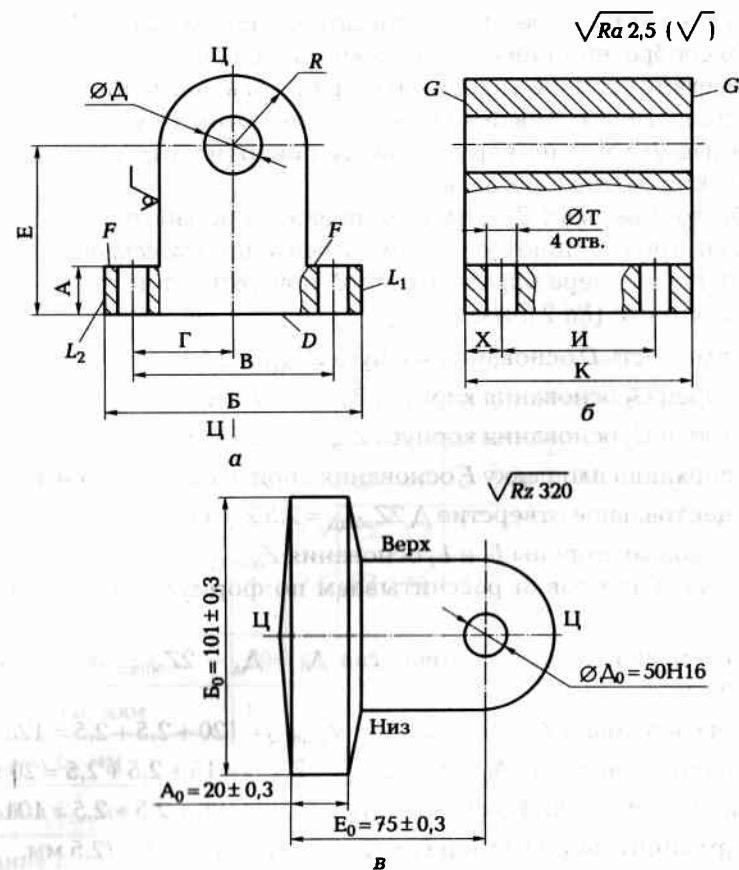


Рис. 1.12. Деталь — корпус (а) и заготовка детали (б)

- две плоские поверхности F на верхней стороне прямоугольного фланца толщиной A ;
- две плоские поверхности G на торцах цилиндрической поверхности $R = 32$ мм;
- четыре отверстия диаметром T в основании (прямоугольном фланце);
- две плоские поверхности L прямоугольного фланца.

Вид производства (крупносерийное) позволяет использовать литье в земляные формы по деревянным (или металлическим) моделям с максимальным приближением формы заготовки к форме детали. Точность размеров литья соответствует 15—16-му качеству, шероховатость поверхности $Rz \leq 320$ мкм.

Так как деталь имеет плоскость симметрии (плоскость Ц — Ц), то ее целесообразно принять за плоскость разреза модели и формы, что облегчит установку и снятие стержня для получения центрального отверстия в отливке. Соответственно этому будут определены литейные уклоны на вертикальных поверхностях и положение формы при заливке металла.

Общие припуски $Z_{общ}$ на механическую обработку можно выбрать по Приложению 5 с учетом рассчитанной массы m заготовки (10... 16 кг), размера обрабатываемой поверхности и параметра ее шероховатости (Ra 2,5 мкм):

- на плоскость D основания корпуса $Z_{общD} = 2,5$ мм;
 - на торец G_1 основания корпуса $Z_{общG1} = 2,5$ мм;
 - на торец G_2 основания корпуса $Z_{общG2} = 2,5$ мм;
 - на верхнюю площадку F основания корпуса $Z_{общF} = 2,5$ мм;
 - на центральное отверстие Δ $2Z_{общ\Delta} = 2,5 \cdot 2 = 5,0$ мм;
 - на боковые стороны L_1 и L_2 основания $Z_{общL1} = Z_{общL2} = 2,5$ мм.
- Размеры заготовки рассчитываем по формулам (1.14), (1.15), (1.16):
- диаметр центрального отверстия $\Delta_0 = \Delta_A - 2Z_{общ\Delta} = 55 - 5,0 = 50$ мм;
 - длина заготовки $K_0 = K_A + Z_{общG1} + Z_{общG2} = 120 + 2,5 + 2,5 = 125$ мм;
 - толщина основания $A_0 = A_A + Z_{общD} + Z_{общF} = 15 + 2,5 + 2,5 = 20$ мм;
 - ширина заготовки $B_0 = B_A + Z_{общL1} + Z_{общL2} = 96 + 2,5 + 2,5 = 101$ мм;
 - координирующий размер $E_0 = E_A + Z_{общD} = 70 + 2,5 = 72,5$ мм.

Предельные отклонения размеров отливки устанавливаем $\pm 0,3$ мм, литейные уклоны — $3...5^\circ$. Назначаем очистку заготовки дробеструйной обработкой.

Эскиз заготовки представлен на рис. 1.12, б, где обозначено: Ц—Ц — плоскость разреза модели и формы; «Верх» и «Низ» — расположение соответственно верха и низа формы во время заливки в нее расплавленного металла.

Задание 1.10

По одному из вариантов задания (табл. 1.18) спроектировать исходную заготовку, изготавливаемую объемной штамповкой из стали 18ХНВА, для изготовления вала (рис. 1.13, а) в условиях серийного производства (4 000 шт./год). Шероховатость поверхности заготовки $Rz \leq 320$ мкм. Заготовка проходит закалку, отпуск (320... 380 НВ).

Таблица 1.18. Индивидуальные варианты для выполнения задания 1.10

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\varnothing A_A$	Номинальный размер, мм	80	68	88	80	70	60	70	66	72	78	80
	Точность	d9	f9	e9	d9	f9	f9	d9	d9	f9	e9	f9
	Ra , мкм	1,2	2,5	2,5	1,2	1,2	2,5	2,5	1,2	1,2	1,2	2,5
$\varnothing B_A$	Номинальный размер, мм	90	78	98	90	80	70	80	86	96	100	110
	Точность	d9	e9	f9	d9	e9	e9	f9	d9	d9	e9	f9
	Ra , мкм	1,2	2,5	1,2	1,2	2,5	2,5	1,2	1,2	2,5	2,5	2,5
$\varnothing B_A$	Номинальный размер, мм	85	73	92	85	75	65	70	66	80	84	95
	Точность	d9	f9	e9	d9	d9	f9	f9	e9	d9	e9	f9
	Ra , мкм	1,2	2,5	2,5	1,2	1,2	2,5	2,5	2,5	2,5	1,2	1,2
Длина L_A , мм		500	400	500	400	250	300	500	400	420	450	500
Длина L_{1A} , мм		130	200	220	100	80	120	220	180	198	120	220
Длина L_{2A} , мм		80	80	78	90	64	40	96	60	86	64	85

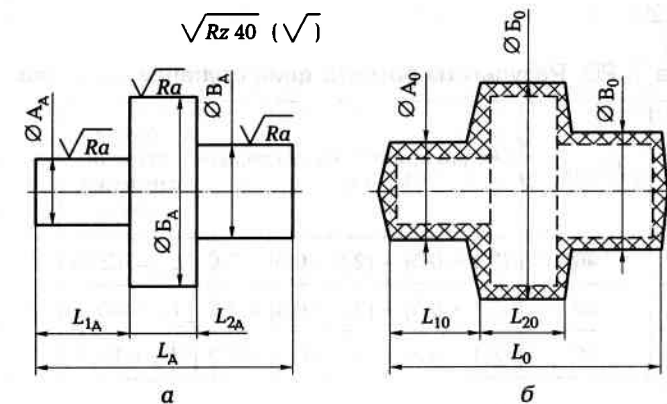


Рис. 1.13. Деталь — вал (а) и штампованная заготовка (б) для вала

Отчет по заданию должен содержать:

- эскизы детали и заготовки;
- расчетные формулы и результаты расчета.

Пример выполнения задания 1.10 (вариант № 0)

Учитывая размеры и форму детали и свойства материала, целесообразно получать заготовку в штампе. Тогда ось поковки должна располагаться горизонтально в плоскости разреза штампа.

Размеры диаметров поковки с допусками рассчитываем с учетом припусков, определяемых по табл. П8.1, увеличенных на 0,5 мм на сторону для учета утара поверхностного слоя металла при нагреве в печи.

Результаты расчета сведены в табл. 1.19.

Таблица 1.19. Результаты расчета диаметров ступеней заготовки

Диаметр ступени детали, мм	Ra, мкм	Общий припуск на диаметр, мм	Диаметр ступени заготовки, мм	Допуск для размера заготовки, мм
$\varnothing A_A = 80$	1,25	$2(2,9 + 0,5) = 6,8$	$\varnothing A_0 = 86,8$	+1,3 -0,7
$\varnothing B_A = 90$	1,25	$2(2,9 + 0,5) = 6,8$	$\varnothing B_0 = 95,8$	
$\varnothing B_A = 85$	1,25	$2(2,6 + 0,5) = 6,2$	$\varnothing B_0 = 91,2$	

Размеры длин ступеней заготовки с допусками рассчитываем с учетом припусков, определяемых по табл. П8.1. Припуск на каждый торец увеличен на 0,5 мм для учета утара поверхностного слоя металла при нагреве в печи. Результаты расчета сведены в табл. 1.20.

Таблица 1.20. Результаты расчета длин ступеней заготовки

Длина ступени детали	Rz, мкм	Общий припуск на два торца, мм	Длина ступени заготовки, мм	Допуск для размера заготовки, мм
$L_{1A} = 130$	40	$(3,1 + 0,5) - (2,5 + 0,5) = 0,6$	$L_{10} = 129,4$	+1,3 -0,7
$L_A = 500$	40	$(3,1 + 0,5) + (3,1 + 0,5) = 7,2$	$L_0 = 507,2$	
$L_{2A} = 80$	40	$(3,1 + 0,5) + (3,1 + 0,5) = 7,2$	$L_{20} = 87,2$	

Технические требования, предъявляемые к заготовке (рис. 1.13, б):

- допускаемое смещение по разьему штампа не более 0,9 мм;
- допускаемый заусенец по периметру обрезки облоя не более 1,7 мм;
- допускаемое радиальное биение поверхностей не более 1 мм;
- внешние штамповочные уклоны 7°;
- радиусы закругления внешних углов 4 мм;
- очистка от окалины травлением или другим способом.

Задание 1.11

По одному из вариантов задания (табл. 1.21) спроектировать исходную заготовку, получаемую объемной штамповкой из стали 38ХМЮА, для изготовления зубчатого колеса (рис. 1.14) в условиях серийного производства (10 000 шт./год). Шероховатость поверхности заготовки $Rz \leq 320$ мкм. Термообработка заготовки — закалка ($HВ \geq 280$).

Таблица 1.21. Индивидуальные варианты для выполнения задания 1.11

Показатели детали		Вариант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\varnothing A_A$	Номинальный размер, мм	80	90	80	70	60	70	90	70	75	90
	Точность	h10	e9	d9	f10	f9	d10	d9	f10	e9	f10
	Ra, мкм	2,5	2,5	1,2	1,2	2,5	2,5	1,2	1,2	1,2	1,2
$\varnothing B_A$	Номинальный размер, мм	30	40	30	28	20	30	40	30	25	45
	Точность	H8	H9	H8	H9	H8	H10	H8	H9	H8	H9
	Ra, мкм	1,2	1,2	1,2	2,5	2,5	1,2	1,2	2,5	2,5	2,5
$\varnothing B_A$	Номинальный размер, мм	50	60	50	40	30	50	60	50	45	70
	Точность	h9	e10	d9	d9	f9	f10	e9	d9	e10	d9
	Ra, мкм	1,2	2,5	1,2	1,2	2,5	2,5	2,5	2,5	1,2	1,2
L_A	Номинальный размер, мм	50	60	45	60	50	60	75	60	48	65
	Точность	h10	d10	d9	f10	e9	f10	e10	d9	d9	d9

Показатели детали		Вариант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L_{1A}	Номинальный размер, мм	30	40	25	40	30	45	60	40	30	50
	Точность	h6	d9	f10	f9	e10	e10	d9	d9	f10	f10

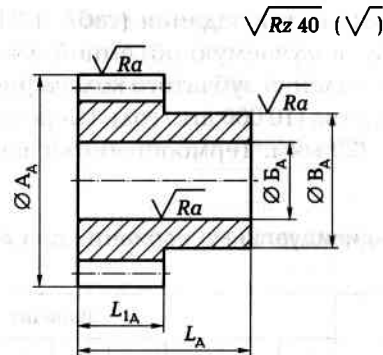


Рис. 1.14. Эскиз обрабатываемого зубчатого колеса

Отчет по заданию должен содержать:

- эскизы детали и заготовки;
- расчетные формулы и результаты расчета;
- технические требования на изготовление заготовки.

1.4. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК И ИХ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ

Предварительная оценка вариантов получения заготовок осуществляется на первом этапе их проектирования. Выбирают более экономичный вариант по признакам снижения материалоемкости и трудоемкости. Оценивают эффективность получения заготовок по следующим показателям:

1. Коэффициент использования материала (КИМ) — это отношение массы детали (m_A) к массе заготовки (m_3):

$$\text{КИМ} = m_A / m_3. \quad (1.17)$$

Чем выше КИМ, тем заготовка будет технологичнее. Это означает, что форма заготовки очень близка к форме детали, следовательно, отходы материала в стружку будут минимальными.

2. Трудоемкость t_H изготовления детали из заготовки, полученной по новому варианту, по сравнению с базовым вариантом:

$$t_H = t_6 \sqrt{(m_{3,н} / m_{3,б})^2}, \quad (1.18)$$

где $m_{3,н}$ — масса заготовки, полученной по новому варианту; $m_{3,б}$ — масса заготовки, полученной по базовому варианту.

3. Экономия материала Δm при годовой программе выпуска N , шт./г.:

$$\Delta m = (m_{3,б} - m_{3,н})N. \quad (1.19)$$

4. Себестоимость C изготовления, состоящая из затрат M_3 на материал заготовки и заработной платы $Z_{раб}$ основных рабочих:

$$C = M_3 + Z_{раб}. \quad (1.20)$$

Стоимость основных материалов:

$$M_3 = m_3 C_M k_{Т-З} - m_{отх} C_{отх} \cdot 10^{-3}, \quad (1.21)$$

где $k_{Т-З}$ — коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (для черных металлов $k_{Т-З} = 1,04 \dots 1,08$, для других металлов $k_{Т-З} = 1,0 \dots 1,02$); C_M — цена на материал (табл. П14.1); $m_{отх} = m_3 - m_A$ — масса отходов; $C_{отх}$ — стоимость (стружки) отходов (табл. П14.1).

Заработная плата основных рабочих

$$Z_{раб} = k_{в.н} k_{пр} \cdot 1,25 \sum_{i=1}^n t_{шти} C_{ти}, \quad (1.22)$$

где $k_{в.н} = 1,18$ — коэффициент выполнения нормы; $k_{пр}$ — коэффициент премиальных и доплат; n — число обработанных заготовок; $t_{шти}$ — калькуляционное время на изготовление одной заготовки; $C_{ти}$ — часовая тарифная ставка.

Экономия по себестоимости ΔC покажет, насколько экономичнее новый вариант получения заготовки с себестоимостью C_H по сравнению с базовым вариантом получения той же заготовки с себестоимостью C_6 при изготовлении N заготовок, т. е.

$$\Delta C = (C_6 - C_H)N. \quad (1.23)$$

Технологичность исходных заготовок можно оценить качественно и количественно путем сравнения показателей базовой формы заготовки и вновь разрабатываемой формы заготовки. Технологичность формы исходной заготовки обуславливается следующими:

- рациональным выбором материала заготовки и ее формы;
- технологичностью процесса получения заготовки;
- рациональной простановкой размеров заготовки;
- назначением экономически выгодной точности размеров заготовки;
- назначением оптимальных параметров поверхностного слоя заготовки.

Исходную заготовку считают достаточной технологичной, если ее форма близка к форме детали, и получают ее прогрессивным методом.

Задание 1.12

По одному из вариантов задания (табл. 1.22) определить на основании расчета технико-экономических показателей наиболее рациональный вид заготовки из углеродистой стали для изготовления точением детали (рис. 1.15) при программе выпуска N , шт./год.

Отчет по заданию должен содержать:

- эскиз детали;
- расчетные формулы с результатами расчета коэффициента использования материала (КИМ), трудоемкости изготовления детали из обоих вариантов заготовки, экономия материала приговой программе выпуска N , себестоимость изготовления детали из заготовки в обоих вариантах, экономия по себестоимости;
- анализ результатов расчета и вывода.

Задание 1.13

По одному из вариантов задания (табл. 1.23) выбрать наиболее экономичный вид заготовки (штамповка или труба) для изготовления втулки (рис. 1.16) в условиях серийного производства (программа выпуска N , шт./год).

Таблица 1.22. Индивидуальные варианты для выполнения задания 1.12

Технико-экономические показатели	Вид заготовки	Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Показатели заготовки												
Масса заготовки, кг	Пруток	1,4	1,6	1,8	2,0	1,4	1,3	1,6	2,0	1,3	1,8	2,0
	Штамповка	1,1	1,2	1,4	1,5	1,1	1,0	1,2	1,6	1,0	1,4	1,6
Число станков	Пруток	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Штамповка	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Трудоемкость операции, мин	Пруток	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
	Штамповка	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Капитальные затраты, р.	Пруток	600	400	600	600	800	600	600	600	900	600	700
	Штамповка	170	120	170	170	270	170	170	170	370	170	350
Стоимость 1 кг заготовки, р.	Пруток	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Штамповка	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
Показатели детали												
Масса детали, кг		0,6	0,69	0,79	0,89	0,69	0,79	0,9	1,0	0,7	1,1	1,2
Программа выпуска N , шт./год		9 000	8 000	9 500	8 000	8 500	8 000	7 000	7 500	7 000	9 000	8 000
Часовая тарифная ставка токаря, р.		100	90	90	90	90	95	90	90	95	90	90

Технико-экономические показатели	Вид заготовки	Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\varnothing A_A$		60	62	64	66	60	58	62	66	60	64	68
$\varnothing B_A$		30	30	32	36	30	28	32	36	30	34	38
$\varnothing B_A$		40	42	44	48	42	40	44	48	40	44	50
L_{1A}		20	20	20	22	20	20	24	26	20	28	30
L_A		62	60	62	64	60	61	65	68	60	70	72

Таблица 1.23. Индивидуальные варианты для выполнения задания 1.13

Технико-экономические показатели	Вид заготовки	Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Показатели заготовки</i>												
Масса заготовки, кг	Труба	1,4	1,6	1,8	2,0	1,4	1,3	1,6	2,0	1,3	1,8	2,0
	Штамповка	1,1	1,2	1,4	1,5	1,1	1,0	1,2	1,6	1,0	1,4	1,6
Число станков	Труба	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Штамповка	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Трудоемкость операции, мин	Труба	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
	Штамповка	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Капитальные затраты, р.	Труба	600	400	600	600	800	600	600	600	900	600	700
	Штамповка	170	120	170	170	270	170	170	170	370	170	350
Стоимость 1 кг заготовки, р.	Труба	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Штамповка	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
<i>Показатели детали</i>												
Масса детали, кг		0,6	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9	1,0	0,7	1,1	1,2
Программа выпуска N , шт./год		9 000	8 000	9 500	8 000	8 500	8 000	7 000	7 500	7 000	9 000	8 000
Часовая тарифная ставка токаря, р.		100	90	90	90	90	95	90	90	95	90	90
$\varnothing A_A$, мм		60	62	64	66	60	58	62	66	60	64	68
$\varnothing B_A$, мм		30	30	32	36	30	28	32	36	30	34	38
$\varnothing B_A$, мм		40	42	44	48	42	40	44	48	40	44	50
L_{1A} , мм		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
L_{2A} , мм		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
L_{3A} , мм		28	30	42	45	30	35	50	55	25	60	63
L_A , мм		62	65	72	80	65	70	85	90	60	95	98

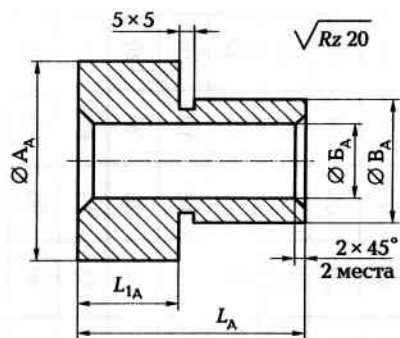


Рис. 1.15. Эскиз обрабатываемой детали

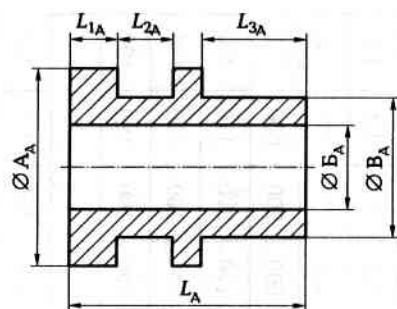


Рис. 1.16. Эскиз обрабатываемой детали (втулки)

Отчет по заданию должен содержать:

- эскиз детали;
- расчетные формулы и результаты расчета: коэффициента использования материала (КИМ), трудоемкости изготовления детали из обоих вариантов заготовки, экономии материала при годовой программе выпуска N , себестоимости изготовления детали из заготовки в обоих вариантах, экономии по себестоимости;
- анализ результатов расчета и выводы.

Задание 1.14

По одному из вариантов задания изготовления детали (рис. 1.17, а, табл. 1.24) произвести качественный анализ технологичности исходной заготовки в двух вариантах (рис. 1.17, б и в).

Таблица 1.24. Индивидуальные варианты для выполнения задания 1.14

Показатели детали	Вариант										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\varnothing A_A$, мм	100	120	140	160	100	110	105	130	90	100	140
$\varnothing B_A$, мм	60	80	100	120	60	70	65	90	50	60	100
$\varnothing B_A'$, мм	80	100	120	140	80	90	85	110	70	80	120
L_{1A} , мм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
L_{2A} , мм	110	160	180	140	100	180	150	160	120	150	170
L_A , мм	150	200	220	180	140	220	190	200	160	190	210

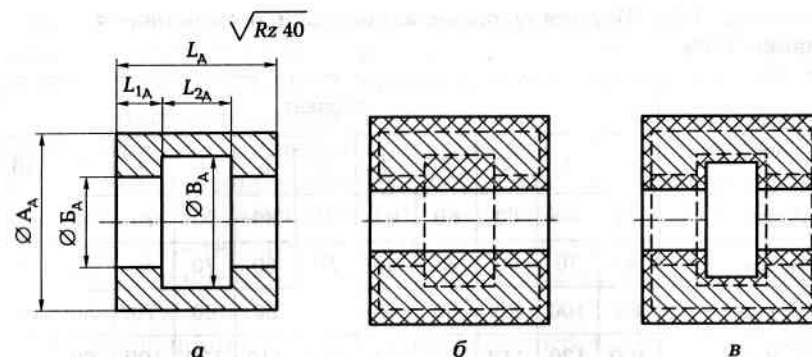


Рис. 1.17. Деталь (а) и варианты (б и в) заготовки для детали

Отчет по заданию должен содержать качественную оценку обоих вариантов исходной заготовки (в произвольной форме). При этом особое внимание обратить на КИМ и упрощение операций технологического процесса механической обработки.

Пример выполнения задания 1.14 (вариант № 0)

Второй вариант заготовки, представленной на рис. 1.17, в, выгодно отличается от первого варианта (см. рис. 1.17, б) тем, что форма заготовки ближе к форме детали (см. рис. 1.17, а). Следовательно, $КИМ_1 < КИМ_2$. Кроме того, центральное отверстие этой заготовки имеет в средней части выемку, что значительно облегчает условия механической обработки внутренней поверхности детали и удешевляет технологический процесс изготовления детали.

Вывод: второй вариант исходной заготовки (см. рис. 1.17, в) предпочтительнее первого варианта (см. рис. 1.17, б), т. е. он более технологичен.

Задание 1.15

По одному из вариантов задания изготовления зубчатого колеса (рис. 1.18, а, табл. 1.25) произвести качественный анализ технологичности исходной заготовки в двух вариантах (рис. 1.18, б и в).

Отчет по заданию должен содержать качественную оценку обоих вариантов исходной заготовки (в произвольной форме). При этом обратить особое внимание на КИМ, упрощение операций технологического процесса механической обработки и на процесс получения заготовки.

Таблица 1.25. Индивидуальные варианты для выполнения задания 1.15

Показатели детали	Вариант										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ø А, мм	70	90	80	60	65	75	80	90	70	50	60
Ø Б, мм	50	70	60	40	40	50	60	70	50	30	45
Ø В, мм	80	100	90	60	60	70	80	90	70	50	65
Ø Г, мм	100	120	110	90	95	105	110	120	100	80	90
L ₁ , мм	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
L ₂ , мм	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
L, мм	150	200	220	180	140	220	190	160	160	90	120

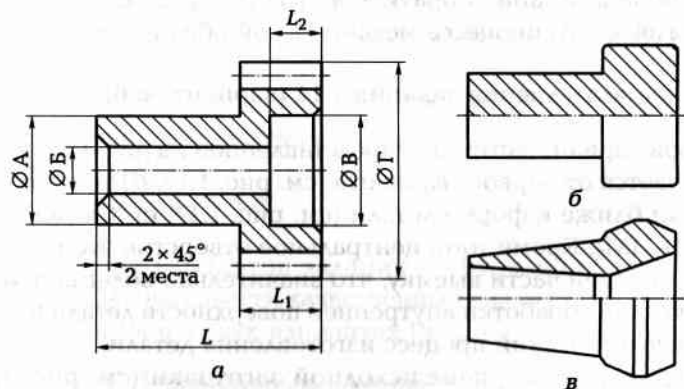


Рис. 1.18. Зубчатое колесо (а) и варианты (б и в) заготовки для колеса

Практическая работа № 1.2. Назначение операционных припусков на обработку детали с графическим изображением расположения припусков и допусков на операционные размеры

Цель работы — приобрести навыки и умения в использовании нормативных материалов, применяемых для назначения операционных припусков; практически закрепить знания по назначению

операционных припусков на обработку детали, а также по построению схем расположения припусков и назначению операционных размеров при обработке цилиндрических поверхностей.

Операционный припуск — это толщина слоя материала, снимаемого с конкретной поверхности заготовки в одной операции. Так как на величину припуска влияют неровности поверхности (шероховатость), образовавшиеся на предыдущей операции, дефектный слой поверхности заготовки, допуск на операционный размер, то становится понятным, почему припуск назначают на все поверхности, подлежащие обработке.

Величина припуска влияет на себестоимость технологического процесса, так как чем больше припуск, тем больше проходов требуется для его снятия. С другой стороны, чем меньше припуск, тем дороже будет процесс получения заготовки. Технологию требуется выбирать такие величины припусков, чтобы и деталь получилась качественной, и заготовка была бы экономически целесообразной.

Так как для достижения требуемой точности и качества конкретной поверхности детали необходимо несколько операций по обработке данной поверхности, то припуск назначают на каждую из этих операций. И в каждой из этих операций выдерживают операционный размер с операционным допуском.

Практическая работа состоит из двух частей.

Первая часть задания. Назначение операционных припусков и операционных размеров для наружной поверхности детали — вал (рис. 1.19, а) по одному из вариантов задания (табл. 1.26) на практическую работу:

- изучение рабочего чертежа детали;

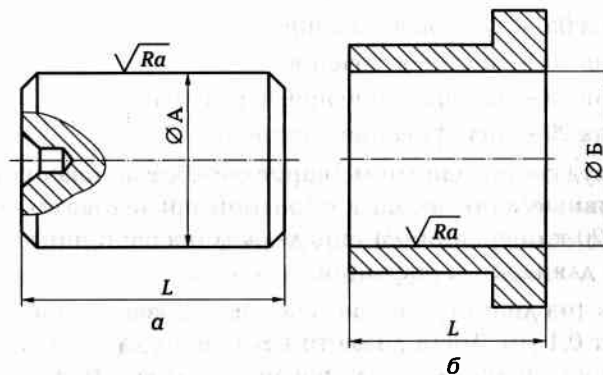


Рис. 1.19. Эскизы детали — вал (а) и детали — втулка (б)

- составление маршрута обработки наружной поверхности вала для получения требуемых параметров этой поверхности;
- определение по составленному маршруту обработки операционных припусков и операционных размеров для каждой операции;
- определение размеров исходной заготовки для рассматриваемой поверхности;
- построение схемы расположения припусков для наружной поверхности вала.

Вторая часть задания. Назначение операционных припусков и операционных размеров для внутренней поверхности детали — втулки (рис. 1.19, б) по одному из вариантов задания (табл. 1.26) на практическую работу:

- изучение рабочих чертежей детали;
- составление маршрута обработки внутренней поверхности втулки для получения требуемых параметров этой поверхности;
- по составленному маршруту обработки операционных припусков и операционных размеров для каждой операции;
- определение размеров исходной заготовки для рассматриваемой поверхности;
- построение схемы расположения припусков для внутренней поверхности втулки.

Пример выполнения работы (вариант № 0).

Часть 1. Назначение операционных припусков и операционных размеров для наружной поверхности вала (см. рис. 1.19, а).

Из анализа чертежа детали (см. рис. 1.19, а) с учетом Приложения 6 следует, что маршрут получения требуемых параметров поверхности ($46h7$, $Ra 1,25$) может быть следующим:

- операция 05 — черновое точение;
- операция 10 — чистовое точение;
- операция 15 — шлифование предварительное;
- операция 20 — шлифование чистовое.

Используя составленный маршрут обработки поверхности вала и нормативные данные, но в обратной последовательности (от операции 20 к операции 05) определяем операционные припуски и размеры для каждой операции:

- припуск (на диаметр) на чистовое шлифование (табл. П8.6) составляет 0,1 мм. Тогда диаметр вала перед чистовым шлифованием (после чернового шлифования) должен быть $46,0 + 0,1 = 46,1$ мм;

Таблица 1.26. Индивидуальные варианты для выполнения практической работы № 1.2

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вал	Ø А, мм	46	60	40	55	45	80	74	65	45	55	40
	Точность	h7	h7	h7	h7	h7	h7	h7	h7	h7	h7	h7
	Ra, мкм	1,25	1,25	0,63	1,25	1,25	1,25	0,63	0,63	0,63	1,25	1,25
	L, мм	90	120	100	190	160	230	220	200	145	190	98
Отверстие втулки	Ø Б, мм	46	60	40	55	45	80	74	65	45	55	40
	Точность	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9
	Ra, мкм	1,25	0,63	0,63	0,63	1,25	0,63	0,63	1,25	1,25	0,63	0,63
	L, мм	50	68	45	50	50	60	80	50	50	60	42

- припуск (на диаметр) на черновое шлифование (табл. П8.3) составляет 0,3 мм. Тогда диаметр вала перед черновым шлифованием (после чистового точения) должен быть $46,1 + 0,3 = 46,4$ мм;
- припуск (на диаметр) на чистовое обтачивание (табл. П8.3) составляет 1,5 мм. Тогда диаметр вала перед чистовым обтачиванием (после чернового обтачивания) должен быть $46,4 + 1,5 = 47,9$ мм;
- припуск (на диаметр) на черновое обтачивание (табл. П8.3) составляет 2,0 мм. Тогда диаметр вала перед черновым обтачиванием (диаметр заготовки вала) должен быть $47,9 + 2,0 = 49,9$ мм = 50 мм.

Результаты расчетов сведены в табл. 1.27.

Часть 2. Назначение операционных припусков и операционных размеров для внутренней поверхности втулки (см. рис. 1.19, б).

Из анализа чертежа детали (см. рис. 1.19, б) с учетом Приложения 7 следует, что маршрут получения требуемых параметров поверхности ($46H9$, $Ra 1,25$) может быть следующим:

- операция 05 — сверление;
- операция 10 — черновое растачивание;
- операция 15 — чистовое растачивание;

- операция 20 — шлифование черновое (предварительное);
- операция 25 — шлифование чистовое.

Используя составленный маршрут обработки внутренней поверхности втулки и нормативные данные, но в обратной последовательности (от операции 25 к операции 05) определим операционные припуски и операционные размеры для каждой операции:

- припуск (на диаметр) на чистовое внутреннее шлифование (табл. П8.7) составляет 0,1 мм. Тогда диаметр отверстия перед чистовым шлифованием (после черного шлифования) должен быть $46,0 - 0,1 = 45,9$ мм;
- припуск (на диаметр) на черновое шлифование (табл. П8.6) составляет 0,2 мм. Тогда диаметр отверстия перед черновым шлифованием (после чистового точения) должен быть $45,9 - 0,2 = 45,7$ мм;
- припуск (на диаметр) на чистовое растачивание (табл. П8.11) составляет 1,0 мм. Тогда диаметр отверстия перед чистовым растачиванием (после черного растачивания) должен быть $45,7 - 1,0 = 44,7$ мм;
- припуск (на диаметр) на черновое растачивание (табл. П8.11) составляет 1,5 мм. Тогда диаметр отверстия перед черновым растачиванием (диаметр отверстия после сверления) должен быть $44,7 - 1,5 = 43,2$ мм.

Таким образом, после сверления отверстие во втулке должно быть диаметром 43,2 мм. Однако сделаем небольшое замечание, что в данном случае целесообразнее исходную заготовку иметь в виде поковки с отверстием. Результаты расчетов сведены в табл. 1.27.

Таблица 1.27. Результаты определения операционных припусков и расчета операционных размеров

Обрабатываемая деталь			
Вал		Втулка	
Номер и тип операции	Операционный размер	Номер и тип операции	Операционный размер
Заготовительная	50,0	05 — сверление	43,2
05 — черновое точение	$50 - 2,1 = 47,9$	10 — черновое растачивание	$43,2 + 1,5 = 44,7$
10 — чистовое точение	$47,9 - 1,5 = 46,4$	15 — чистовое растачивание	$44,7 + 1,0 = 45,7$

Обрабатываемая деталь			
Вал		Втулка	
Номер и тип операции	Операционный размер	Номер и тип операции	Операционный размер
15 — шлифование предварительное	$46,4 - 0,3 = 46,1$	20 — шлифование предварительное	$45,7 + 0,2 = 45,9$
20 — шлифование чистовое	$46,1 - 0,1 = 46h7$, $Ra 1,25$ мкм	25 — шлифование чистовое	$45,9 + 0,1 = 46H9$, $Ra 1,25$ мкм

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 1.2

1. Что называют операционным припуском?
2. Что называют межпереходным припуском?
3. Что называют общим припуском?
4. Какова методика определения операционных размеров при обработке плоских поверхностей?
5. Какова методика определения операционных размеров при обработке наружных цилиндрических поверхностей?
6. Какова методика определения операционных размеров при обработке внутренних цилиндрических поверхностей?

1.5. ВЫБОР БАЗ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЗАГОТОВОК

При обработке заготовок на металлообрабатывающих станках заготовку чаще всего устанавливают и крепят в приспособлении, а приспособление устанавливают и закрепляют на столе станка. При этом со стороны заготовки участвует установочная база, а со стороны приспособления участвует установочная поверхность. Происходит **базирование** заготовки, т. е. придание ей требуемого положения относительно элементов станка, определяющих траекторию движения подачи режущего инструмента.

Процесс установки заготовки на станок складывается из двух этапов: базирования, в результате которого заготовку правильно ориентируют в зоне обработки станка, и закрепления, что обеспечивает неизменность положения заготовки, полученного при базировании, от начала до окончания ее обработки.

Правильное базирование заготовки во многом определяет точность обработки при автоматическом получении размеров.

База — это поверхность, линия или точка, принадлежащие заготовке, относительно которой задают или измеряют положение других поверхностей, линий или точек. Однако в технологии машиностроения используют более конкретные понятия: конструкторская база и технологическая база.

Конструкторская база (КБ) — это поверхность, линия или точка детали, относительно которой на рабочем чертеже детали задают положение другой поверхности, линии или точки этой детали. Различают **явные конструкторские базы**, в качестве которых используют материальные поверхности, линии или точки, и **скрытые конструкторские базы**, в качестве которых используют не материальные поверхности, линии или точки, а геометрические элементы рабочего чертежа детали, такие как осевая линия, плоскость симметрии, биссектриса угла и др.

Технологическая база (ТБ) — это база, используемая для определения положения изделия (заготовки, детали) в процессе технологического процесса его изготовления. На разных стадиях процесса изготовления могут использоваться различные технологические базы. По ходу технологического процесса изготовления детали удобно различать следующие технологические базы: исходная база, установочная база, измерительная база.

Исходная (или настроечная) база (ИБ) — это поверхность, линия или точка, относительно которой в **технологическом документе**, например в операционной карте, координировано положение обрабатываемой в данной операции поверхности. Размеры, которыми координируют положение обрабатываемых поверхностей, называют **исходными размерами**.

Установочная (или контактная) база (УБ) — это поверхность и только поверхность заготовки, которая при установке заготовки в приспособлении (или непосредственно на станке) создает определенность ее положения в направлении исходного (операционного) размера, т. е. координирует заготовку в направлении исходного размера.

Измерительная (или проверочная) база (ИзБ) — это поверхность, образующая или точка поверхности детали, относительно которой контролируют положение обработанной поверхности, т. е. проверяют правильность выдерживания исходного размера.

Пример 1. Для получения размеров a и b (рис. 1.20, а) при фрезеровании выделенных поверхностей заготовки 1 установочными базами являются:

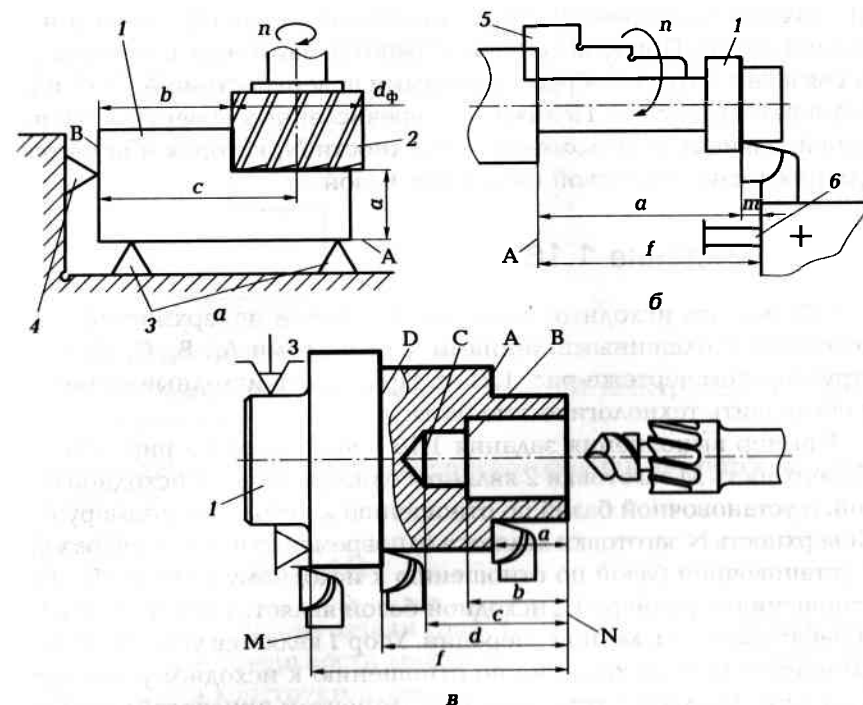


Рис. 1.20. Установочные базы:

a — при фрезеровании; b — при обтачивании; v — при обработке на многоинструментальном токарном станке

- поверхность А для исходного размера a , который получают непосредственно при установке фрезы 2 относительно плоскости А, определяемой установочными элементами 3 приспособления;
- поверхность В для исходного размера b , который получают также при установке фрезы 2 относительно упора 4, как разность $b = c - (d_{\phi}/2)$, где c — расстояние от упора 4 до оси фрезы 1; d_{ϕ} — диаметр фрезы.

Пример 2. При обтачивании мерной заготовки 1 (рис. 1.20, б), установленной в трехкулачковом патроне 5 до упора в его поверхность А, исходный размер a обеспечивается при наладке станка путем закрепления упора 6 на расстоянии $f = a + m$ от упорной поверхности А патрона.

Пример 3. При обработке на многоинструментальном токарном станке заготовка 1 поверхностью М (рис. 1.20, в) упирается в торцевую поверхность трехкулачкового патрона. По отношению к торцевой поверхности N, т. е. исходному размеру f поверхность

М является одновременно и установочной (опорной) базой и исходной базой. При дальнейшей обработке заготовки поверхность N связана с другими обрабатываемыми поверхностями А, В, С, и D размерами a , b , c и d . Положение перечисленных поверхностей на детали зависит от положения поверхности N, которая и является для них технологической (исходной) базой.

Задание 1.16

Обозначить исходные базы для обработки поверхностей, выделенных утолщенными линиями, с размерами $A_{и}$, $B_{и}$, $C_{и}$ на конструкторском чертеже рис. 1.21, а. Проставить исходные размеры и обозначить технологические базы.

Пример выполнения задания 1.16 представлен на рис. 1.21, б. Поверхность М заготовки 2 является одновременно и исходной базой, и установочной базой по отношению к исходному размеру $A_{и}$. Поверхность N заготовки является одновременно и исходной базой, и установочной базой по отношению к исходному размеру $B_{и}$. По отношению к размеру $C_{и}$ исходной базой является поверхность К, обрабатываемая в данной операции. Упор 1 является установочным элементом приспособления по отношению к исходному размеру $B_{и}$, а упор 3 является установочным элементом приспособления по отношению к исходному размеру $A_{и}$.

Задание 1.17

При обработке заготовка 2 базируется согласно рис. 1.22. Обрабатываемые поверхности А и В выделены утолщенными линиями. Определить, какие поверхности заготовки являются установочными

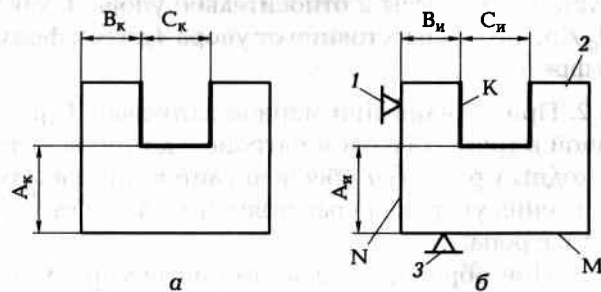


Рис. 1.21. Исходные базы:

а — обрабатываемые поверхности; б — схема базирования

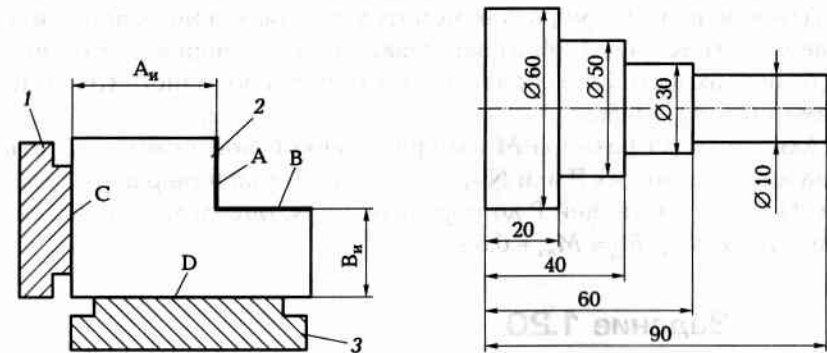


Рис. 1.22. Установочные базы и установочные элементы

Рис. 1.23. Конструкторские базы

базами и какие элементы (1, 3) приспособления являются установочными элементами.

Задание 1.18

На рабочем чертеже детали (рис. 1.23) найти конструкторские базы и указать поверхности детали, по отношению к которым эти базы являются конструкторскими.

Задание 1.19

При обработке заготовки сверлят два отверстия $\varnothing d$ и $\varnothing D$ (рис. 1.24, а), выдерживая размеры L и M . Требуется определить возможные измерительные базы для контроля положения этих отверстий (размеры L и M).

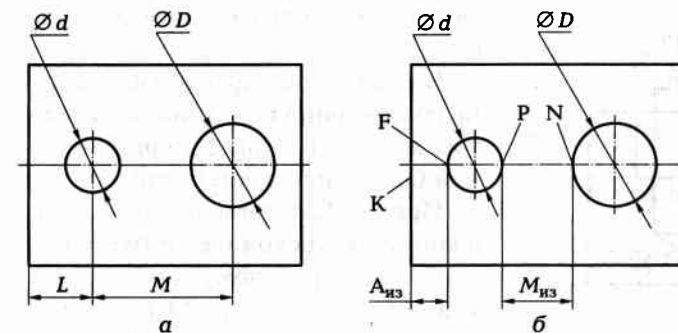


Рис. 1.24. Измерительные базы

Для контроля размера L измерительной базой может служить поверхность K (рис. 1.24, б) заготовки. Тогда, измеряя расстояние $A_{из}$ от поверхности K до образующей F определяют действительный размер $L_A = A_{из} + 0,5d$.

Для контроля размера M измерительной базой может служить одна из образующих P или N (рис. 1.24, б). Тогда, измеряя расстояние $M_{из}$ от образующей P до образующей N , определяют действительный размер $M_A = M_{из} + 0,5d + 0,5D$.

Задание 1.20

Определить возможные измерительные базы по отношению к размерам 10 и 15 мм (рис. 1.25), получаемым при обработке отверстий $\varnothing 8$ и $\varnothing 12$ мм.

Краткие методические указания к выполнению работы

При высоких требованиях к точности обработки в качестве технологических баз следует принимать те поверхности заготовки, которые являются конструкторскими базами по отношению к обрабатываемым поверхностям.

В общем случае принцип совмещения баз по отношению к какой-либо обрабатываемой поверхности состоит в том, чтобы использовать в качестве всех технологических баз один и тот же элемент заготовки, который выступает в роли конструкторской базы по отношению к этой поверхности.

Несоблюдение принципа совмещения баз (при проектировании технологического процесса) приводит к появлению дополнительных погрешностей обработки. Эти погрешности появляются из-за допуска на взаимное положение поверхностей (или других элементов)

заготовки, выступающих в роли различных баз.

В первую очередь обращают внимание на совмещение исходной базы с конструкторской, а затем на совмещение установочной базы с исходной базой.

Пример 1. Несовмещение исходной базы с конструкторской базой (ИБ \neq КБ).

Согласно рабочему чертежу детали (рис. 1.26, а) поверхность M координирована относительно поверхности L конструкторским размером A_x с точностью $T_x = 0,2$ мм

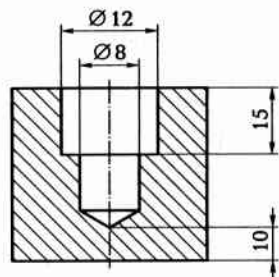


Рис. 1.25. Эскиз обрабатываемой детали

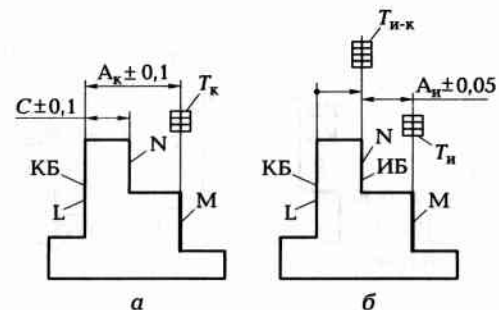


Рис. 1.26. Несовмещение исходной базы и конструкторской базы (ИБ \neq КБ)

($A_x \pm 0,1$), что и требуется выдержать при обработке поверхности M . На операционном эскизе (рис. 1.26, б) обрабатываемая поверхность M координирована исходным размером $A_{и} \pm 0,05$ относительно поверхности N , которая является исходной базой. Очевидно, что ИБ \neq КБ. Тогда в результате обработки поверхности M при таком базировании заготовки в требуемом конструкторском размере A_x появится дополнительная погрешность $T_{и-к} = 0,2$, т. е. равная допуску на размер $C \pm 0,1$ взаимного положения КБ (поверхность L) и исходной базы (поверхность N). Действительная погрешность требуемого размера будет равна:

$$T_{к,д} = T_{и} + T_{и-к} = 0,1 + 0,2 = 0,3 \text{ мм,}$$

что превышает требуемый допуск $T_x = 0,2$ мм.

Для обеспечения требуемой точности при такой постановке исходного размера, следует действительную точность исходного размера повысить (погрешность уменьшить) на величину погрешности $T_{и-к}$ взаимного положения ИБ и КБ, т. е.

$$T_{и,д} \leq T_x - T_{и-к} \text{ или } T_x \geq T_{и,д} + T_{и-к}. \quad (1.24)$$

В рассматриваемом примере $0,1 \leq 0,2 - 0,2$. Неравенство получилось неверное. Следовательно, при таком выборе исходной базы заданная точность обеспечена не будет.

Пример 2. Несовмещение установочной базы с исходной базой (УБ \neq ИБ).

Согласно рабочему чертежу детали (рис. 1.27, а) поверхность M координирована относительно поверхности L конструкторским размером A_x с точностью $T_x = 0,2$ мм ($A_x \pm 0,1$), что и требуется выдержать при обработке поверхности M . На операционном эскизе (рис. 1.27, б) обрабатываемая поверхность M координирована ис-

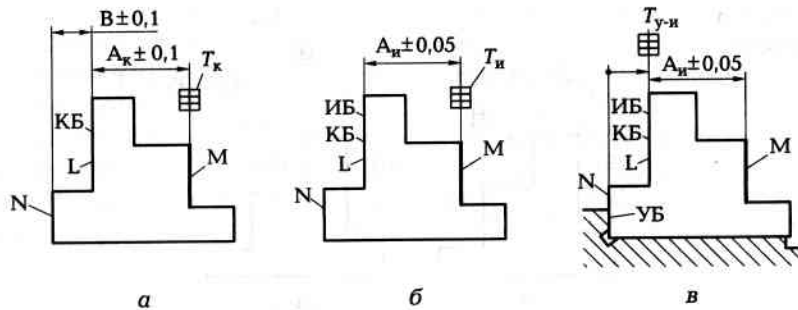


Рис. 1.27. Несовмещение установочной базы и исходной базы (УБ ≠ ИБ)

ходным размером $A_n \pm 0,05$ относительно поверхности L, которая является исходной базой. Очевидно, что исходная база совмещена с конструкторской базой (ИБ = KB). Принцип совмещения баз на этом этапе проектирования технологического процесса соблюден, и в результате обработки поверхности M при таком базировании заготовки в требуемом конструкторском размере A_k не будет дополнительной погрешности $T_{и-к}$. Однако при базировании заготовки в рабочей зоне станка в качестве установочной базы выбрана поверхность N заготовки (см. рис. 1.27, б) т.е. допущено несовмещение установочной базы с исходной базой (УБ ≠ ИБ). Так как поверхность L (ИБ) и поверхность N (УБ) связаны размером $B \pm 0,1$ (см. рис. 1.27, а), то в исходном размере $A_n \pm 0,05$ появится дополнительная погрешность $T_{y-и}$, равная допуску (0,2) на размер $B \pm 0,1$, т.е. равная допуску на взаимное положение исходной базы и установочной базы. Действительная погрешность требуемого (A_n) размера будет равна

$$T_{и,д} = T_n + T_{y-и} = 0,1 + 0,2 = 0,3 \text{ мм,}$$

что превышает требуемый допуск $T_n = 0,1$ мм.

Для обеспечения требуемой точности при таком выборе установочной базы, следует точность исходного размера повысить на величину погрешности $T_{y-и}$ взаимного положения ИБ и УБ, т.е. действительная точность исходного размера

$$T_{и,д} \leq T_n - T_{y-и} \text{ или } T_n \geq T_{и,д} + T_{y-и}. \quad (1.25)$$

Несовмещение (ИБ ≠ KB) следует учитывать при разработке операций технологического процесса, а несовмещение (УБ ≠ ИБ) следует учитывать при проектировании специального станочного приспособления для детали.

Несовмещение других технологических баз между собой или с конструкторской базой приводит к аналогичным последствиям.

Задание 1.21

На основании рабочего чертежа детали (рис. 1.28, а) и схемы обработки заготовки (рис. 1.28, б) определить возможность выполнения операции без брака по исходным размерам $20_{-0,1}$ и $10_{-0,1}$ мм.

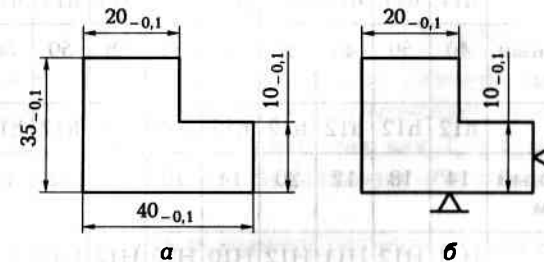


Рис. 1.28. Чертеж детали (а) и схема обработки (б)

Пример выполнения задания

Из анализа рабочего чертежа детали и схемы обработки делаем вывод, что по отношению к обоим исходным размерам $20_{-0,1}$ и $10_{-0,1}$ мм принцип совмещения баз не нарушен, т.е. исходная база совмещена с конструкторской базой (ИБ = KB). Следовательно, погрешность взаимного положения баз отсутствует ($T_{и-к} = 0$). Тогда действительная точность исходного размера по формуле (1.24):

$$T_{и,д} \leq T_k - T_{и-к} \leq 0,1 - 0 \leq 0,1.$$

Заданная точность исходного размера $T_n = 0,1$. Так как действительная точность исходного размера равна заданной точности исходного размера (неравенство не нарушено), то операция будет выполнена без брака (без учета других возможных погрешностей обработки).

Задание 1.22

По одному из вариантов задания (табл. 1.28) определить возможность брака в исходном размере A_n при фрезеровании паза, если заготовка базируется в зоне обработки станка по схеме, показанной на рис 1.29, б. На обработку заготовку подают с размерами, пока-

Таблица 1.28. Индивидуальные варианты для выполнения задания 1.22

Показатели заготовки и детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	Номинальный размер, мм	20	30	25	40	32	34	28	30	36	40	38
	Точность	h11	h11	h12	h11	h12	h11	h13	h12	h11	h11	h13
Б	Номинальный размер, мм	40	50	45	60	52	54	48	50	56	60	58
	Точность	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12
А _н	Номинальный размер, мм	14	18	12	20	14	18	12	12	14	18	18
	Точность	H11	H12	H11	H12	H10	H10	H12	H12	H10	H12	H11
А _к	Номинальный размер, мм	14	18	12	20	14	18	12	12	14	18	18
	Точность	H12	H13	H12	H13	H12	H12	H13	H10	H12	H13	H12

занными на рис. 1.29, а. Как нужно изменить размеры заготовки и (или) исходный размер для предотвращения брака?

Пример выполнения задания (вариант № 0)

По таблице допусков и посадок (Приложение 5) находим цифровые значения допусков на все размеры:

- А — 20h11(20_{-0,13});
- Б — 40h12(40_{-0,25});

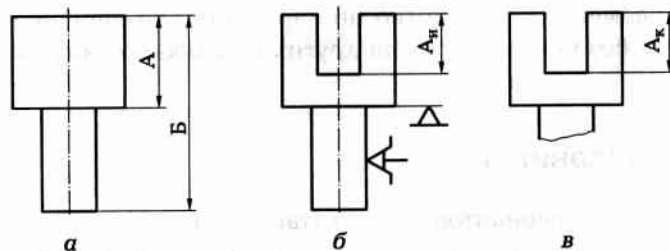


Рис. 1.29. Схема получения паза: а — заготовка; б — исходный размер; в — конструкторский размер

- А_н — 14Н11(14^{+0,11});
- А_к — 14Н12(14^{+0,18}).

Из анализа схемы базирования заготовки и варианта простановки исходного размера А_н делаем вывод, что исходная база не совмещена с установочной базой (ИБ ≠ УБ). В этом случае точность исходного размера должна быть повышена на величину допуска на взаимное положение ИБ и УБ, который (см. рис. 1.29, а) Т_{н-у} = 0,13 мм.

Тогда действительная точность исходного размера по формуле (1.25):

$$T_n \geq T_{нА} + T_{у-н} \geq 0,11 + 0,13 \geq 0,24 \text{ мм.}$$

Заданная точность конструкторского размера А_к (рис. 1.29, в) Т_к = 0,18. При таком соотношении погрешностей конструкторский размер А_к^{+0,18} не будет обеспечен, так как Т_н - Т_к = 0,24 - 0,18 = = 0,06 мм. Есть четыре способа решения обеспечения заданной точности.

1. Повысить точность исходного размера на 0,06 мм. Тогда размер А_н = 14^{+0,05} будет иметь допуск Т_н = 0,05 мм.
2. Повысить точность заготовки на 0,06 мм. Тогда размер А станет 20_{-0,07}, который следует получить на предыдущей операции.
3. Снизить заданную точность (А_к = 14^{+0,18}) до размера 14^{+0,24}.
4. Разделить 0,06 мм на три способа. Тогда:

$$T_n = 0,11 - 0,02 = 0,09 \text{ мм; } A_n = 14^{+0,09} \text{ мм;}$$

$$T_A = 0,13 - 0,02 = 0,11 \text{ мм; } A = 20_{-0,11} \text{ мм;}$$

$$T_k = 0,18 + 0,02 = 0,20 \text{ мм; } A_k = 14^{+0,20} \text{ мм.}$$

Задание 1.23

На рис. 1.30 представлены рабочий чертеж детали и схема базирования заготовки в рабочей зоне станка. Требуется определить, для

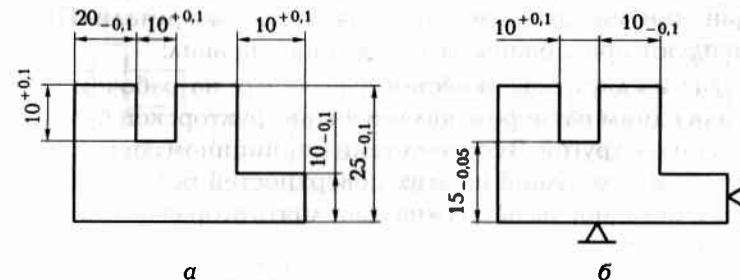


Рис. 1.30. Чертеж детали (а) и схема базирования заготовки (б)

каких исходных размеров (по указанию преподавателя) нарушен принцип совмещения баз. Что можно изменить в операционном эскизе, чтобы не было брака по исходным размерам?

Задание 1.24

Рабочий чертеж детали представлен на рис. 1.31, а. Определить возможную величину допусков на исходные размеры А и В при об-

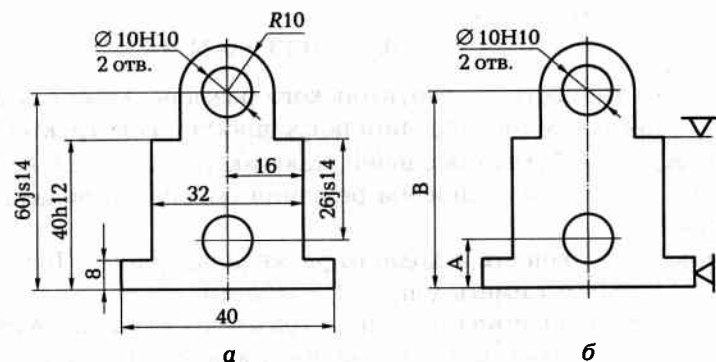


Рис. 1.31. Чертеж детали (а) и схема базирования заготовки (б)

работке двух отверстий $\varnothing 10H10$, если заготовка базируется в зоне обработки станка по схеме, показанной на рис. 1.31, б.

1.6. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ

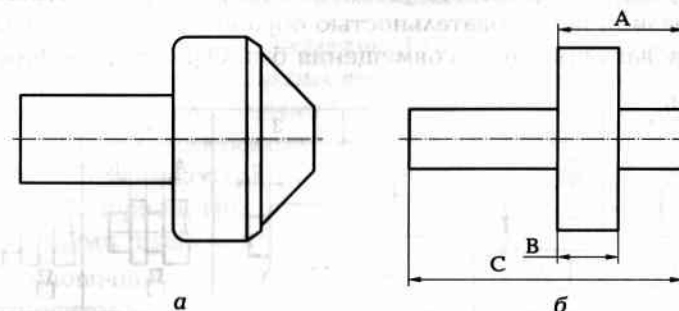
Для предотвращения погрешности от несовмещения баз следует назначать последовательность операций (или переходов) с учетом координации поверхностей на рабочем чертеже детали. При этом рекомендуют придерживаться следующих правил:

- каждая из двух поверхностей, связанных на рабочем чертеже детали одним размером, является конструкторской базой по отношению к другой. В соответствии с принципом совмещения баз при обработке одной из этих поверхностей роль установочной базы и исходной базы должна выполнять вторая из этих двух поверхностей;
- уже обработанная поверхность, как более точная, должна служить установочной и исходной базой на следующей операции;

- третьей по порядку должна обрабатываться та поверхность, которая связана координирующим размером с одной из двух ранее обработанных поверхностей;
- четвертой по порядку следует обрабатывать ту поверхность, которая связана координирующим размером или с третьей (уже обработанной) поверхностью, или с одной из двух, ранее обработанных поверхностей.

Задание 1.25

Рабочий чертеж детали представлен на рис. 1.32, а. Составить два варианта последовательности операций, состоящих из одного перехода, и, соблюдая принцип совмещения баз, дать схемы обработки заготовки (рис. 1.32, б) для изготовления детали.



	05	10	15	20
1				
2				

в

Рис. 1.32. Схема обработки детали:

а — эскиз заготовки; б — эскиз детали; в — варианты (1, 2) последовательности операций

Так как первой следует обрабатывать ту поверхность, относительно которой координировано несколько других поверхностей, то возможные два варианта (1 и 2) последовательности операций (05, 10, 15, 20) обработки заготовки представлены в виде таблицы на рис. 1.32, в.

Задание 1.26

Определить очередность настройки режущего инструмента на размеры А, Б, В, Г, Д в операции, показанной на рис. 1.33, а, при условии равнозначности всех измерений. Значения операционных размеров в данном задании не указываются. Предложить вариант последовательности выполнения переходов этой операции аналогично варианту, рассмотренному в решении.

Все поверхности обрабатываются при одной установке заготовки (прутка). Очередность установки на размер определяется целесообразной последовательностью обработки, которая должна соответствовать принципу совмещения баз. Одно из решений по-

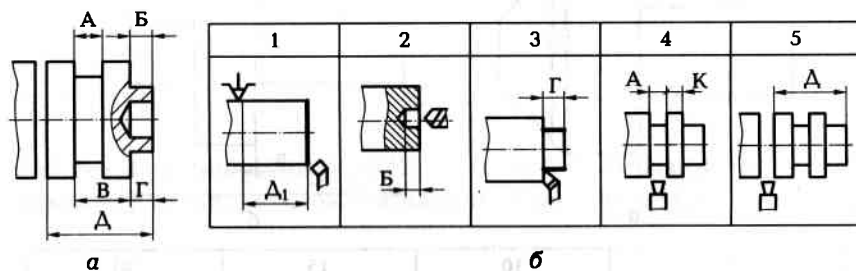


Рис. 1.33. Очередность настройки режущего инструмента на размер:
а — эскиз детали; б — схема настройки режущего инструмента

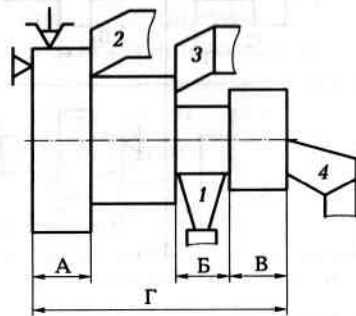


Рис. 1.34. Схема обработки на токарно-револьверном станке:
1—4 — резцы

казано на рис. 1.33, б. Операция состоит из пяти переходов, в которых обрабатываются все требуемые поверхности детали без нарушения принципа совмещения баз. Возможны и другие варианты последовательности обработки, которые и предстоит предложить обучаемому.

Задание 1.27

Указать оптимальную очередность установки резцов 1—4 на заданные размеры А, Б, В и Г в операции (рис. 1.34), выполняемой на токарно-револьверном станке. Погрешность измерения всех размеров одинакова.

1.7. ВЫБОР УСТАНОВОЧНОЙ БАЗЫ

Установочной (или контактной) базой (УБ), как упоминалось ранее, называют ту **поверхность** заготовки, которая при установке заготовки в приспособлении (или непосредственно на станке) создает определенность положения в направлении исходного размера. Установочную базу как самую важную из технологических баз выбирают первой. При выборе целесообразно руководствоваться следующими правилами:

- установочной базой должна служить та поверхность заготовки, относительно которой в рабочем чертеже детали координирована обрабатываемая поверхность;
- форма установочной базы, ее точность и размеры должны обеспечить простоту установочного элемента станочного приспособления для детали.

При неизбежности нарушения принципа совмещения баз наилучшую точность обработки можно получить лишь при соблюдении следующих правил:

- из двух взаимосвязанных поверхностей детали в первую очередь должна быть обработана та поверхность, которая более пригодна для установочной базы;
- в качестве установочной базы необходимо использовать ту из поверхностей заготовки, которая точнее расположена относительно конструкторской базы;
- обработку всех (или группы) поверхностей детали выполняют, пользуясь на всех операциях одной и той же (постоянной) установочной базой.

Задание 1.28

На операции сверления отверстия $\varnothing 10H13$ (рис. 1.35) необходимо обеспечить не только параметры самого отверстия, но и исходные размеры $A_{и1}$ и $A_{и2}$, координирующие положение оси этого отверстия. Требуется выбрать установочные базы и изобразить схему обработки заготовки, соблюдая принцип совмещения баз.

Задание 1.29

На операции сверления двух отверстий $\varnothing 12H12$ (рис. 1.36) требуется выдержать исходные размеры $A_{и1}$, $A_{и2}$ и $A_{и3}$. Определить, какие элементы заготовки должны быть использованы в качестве установочной базы, чтобы соблюсти принцип совмещения баз. Изобразить схему установки заготовки на данной операции.

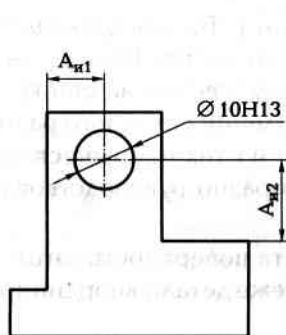


Рис. 1.35. Эскиз обрабатываемой детали к заданию 1.28

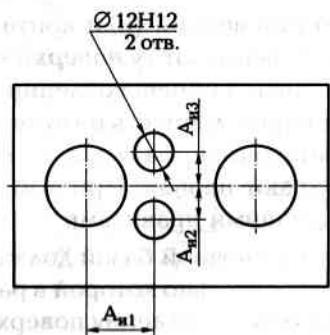


Рис. 1.36. Эскиз обрабатываемой детали к заданию 1.29

Задание 1.30

Выполнить операционные эскизы для обработки двух отверстий $\varnothing 20H9$ (рис. 1.37) с указанием установочных баз, соблюдая принцип совмещения баз по отношению к исходным размерам $A_{и1}$ и $A_{и2}$.

Задание 1.31

Определить последовательность обработки двух поверхностей (плоской поверхности М и цилиндрического отверстия К), связанных размером A_x (рис. 1.38, а).

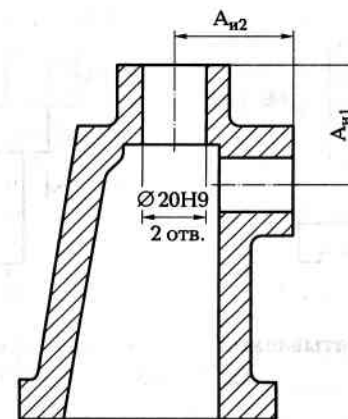


Рис. 1.37. Эскиз обрабатываемой детали к заданию 1.30

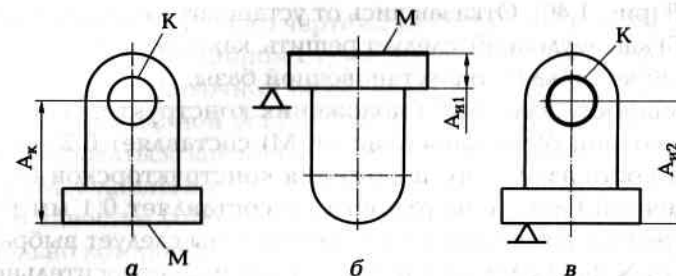


Рис. 1.38. Последовательность обработки поверхностей: а — чертеж конструктора; б — обработка плоскости; в — обработка отверстия

Из двух взаимосвязанных поверхностей — плоской поверхности М и цилиндрической К — безусловно, лучшей установочной базой будет плоская поверхность. Поэтому последовательность обработки этих поверхностей такова: сначала обрабатывают плоскую поверхность М (рис. 1.38, б), обеспечивая размер $A_{и1}$, а затем обрабатывают цилиндрическую поверхность К, обеспечивая размер $A_{и2} = A_x$ (рис. 1.38, в).

Задание 1.32

Следует решить, какую из поверхностей М или К (рис. 1.39) следует обрабатывать в первую очередь, если они взаимосвязаны размером С.

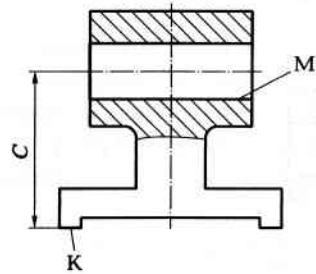


Рис. 1.39. Эскиз обрабатываемой детали к заданию 1.32

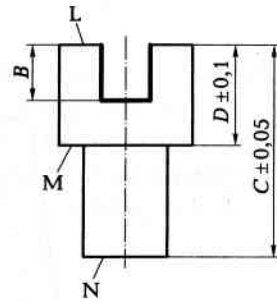


Рис. 1.40. Эскиз обрабатываемой детали к заданию 1.33

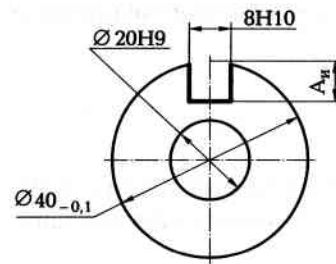
Задание 1.33

В операции фрезерования паза необходимо выдержать заданный размер B (рис. 1.40). Отказавшись от установочной базы поверхности L (КБ) как неудобной, следует решить, какую из поверхностей M или N выбрать в качестве установочной базы.

Погрешность взаимного положения конструкторской базы L и установочной базы (поверхности M) составляет $0,2 \text{ мм}$ ($\pm 0,1$), а погрешность взаимного положения конструкторской базы L и установочной базы (поверхности N) составляет $0,1 \text{ мм}$ ($\pm 0,05$). Следовательно, в качестве установочной базы следует выбрать поверхность N как более точно расположенную относительно конструкторской базы (поверхности L).

Задание 1.34

На операции фрезерования паза шириной $8\text{H}10$ (рис. 1.41) необходимо выдержать размер A_x . Требуется определить, какой из элементов заготовки целесообразнее выбрать в качестве установочной базы, и изобразить схему базирования заготовки в зоне обработки станка.



Изобразить схему базирования заготовки в зоне обработки станка.

Рис. 1.41. Эскиз обрабатываемой детали к заданию 1.34

Задание 1.35

Выбрать единую установочную базу для обработки плоскости K и отверстия M (рис. 1.42, а), чтобы выдержать размер A_x с наименьшими погрешностями.

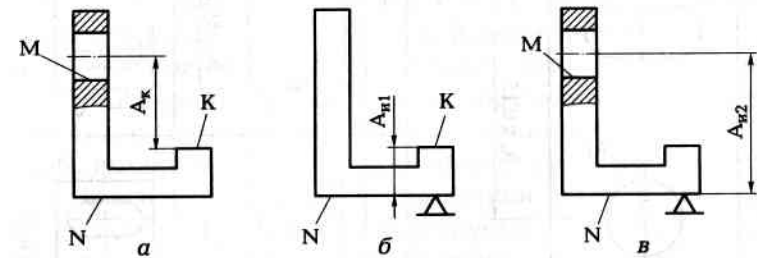


Рис. 1.42. Выбор установочной базы:

а — чертеж конструктора; б — операция № 1; в — операция № 2

После анализа рабочего чертежа детали (см. рис. 1.42, а) можно сделать вывод, что в данном случае целесообразно применить правило единой установочной базы. Возможно несколько вариантов использования единой установочной базы, относительно которой будет базироваться заготовка при обработке и поверхности K , и отверстия M . Один из возможных вариантов представлен на рис. 1.42, б и в. В качестве установочной базы выбрана поверхность N , относительно которой на первой операции (см. рис. 1.42, б) базируют заготовку при фрезеровании поверхности K , выдерживая размер A_{x1} , после чего на следующей операции (см. рис. 1.42, в) при таком же базировании заготовки обрабатывают отверстие M , выдерживая размер A_{x2} . Требуемый размер A_x получится как разность этих исходных размеров, т. е. $A_x = A_{x2} - A_{x1}$.

Задание 1.36

Определить возможные варианты базирования заготовки при обработке отверстия M и паза T (рис. 1.43, а), чтобы выдержать размер $A_x \pm 0,15$.

Из анализа чертежа детали (см. рис. 1.43, а) следует, что использовать в качестве установочных баз поверхности N и C не представляется возможным, так как погрешность взаимного положения этих поверхностей равна $0,4 \text{ мм}$ ($B \pm 0,2$), что превышает требуемую точность $0,3 \text{ мм}$ ($A_x \pm 0,15$) взаимного расположения осей паза и отверстия.

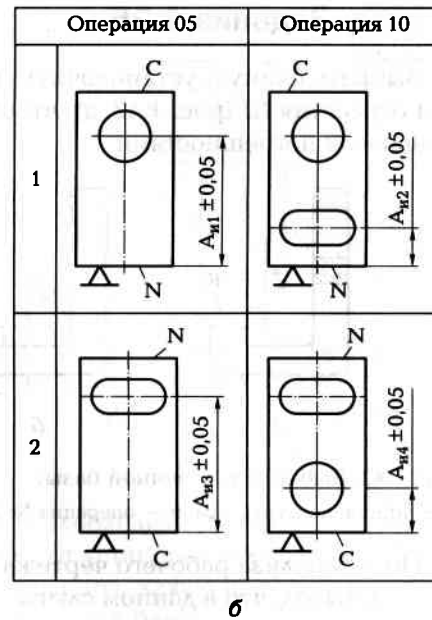
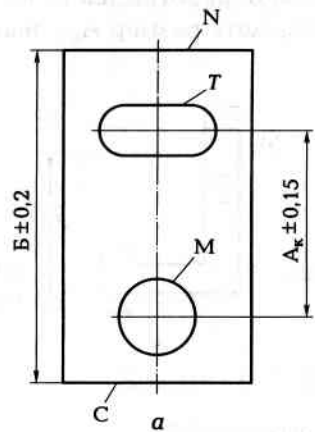


Рис. 1.43. Последовательность обработки поверхностей:
а — чертеж конструктора; б — варианты (1 и 2) последовательности обработки

Рассмотрим варианты базирования заготовки при обработке отверстия М и паза Т, являющегося конструкторской базой по отношению к отверстию, на единую установочную базу. Наиболее очевидными являются два варианта базирования.

1. Единая установочная база — поверхность N используется и при обработке отверстия (см. операция 05, рис. 1.43, б) с обеспечением исходного размера $A_{н1} \pm 0,05$ и при обработке паза (см. операция 10, рис. 1.43, б) с обеспечением исходного размера $A_{н2} \pm 0,05$. Тогда действительное значение требуемого размера ($A_{кд} = A_{н1} - A_{н2}$) получим с ожидаемой погрешностью 0,2 ($A_{кд} \pm 0,1$), что соответствует требуемой точности размера $A_k \pm 0,15$.

2. Единая установочная база — поверхность С используется и при обработке паза (см. операция 05, рис. 1.43, б) с обеспечением исходного размера $A_{н3} \pm 0,05$ и при обработке отверстия (см. операция 10, рис. 1.43, б) с обеспечением исходного размера $A_{н4} \pm 0,05$. Тогда действительное значение требуемого размера ($A_{кд} = A_{н3} - A_{н4}$) получим с ожидаемой погрешностью 0,2 ($A_{кд} \pm 0,1$), что соответствует требуемой точности размера $A_k \pm 0,15$.

Как видим, по ожидаемой точности оба варианта (1 и 2) последовательности обработки равноценны.

1.8. ВЫБОР ИСХОДНОЙ БАЗЫ

Вспомним, что исходная база (ИБ) — это одна из технологических баз, в качестве которой технолог выбирает поверхность, линию или точку заготовки, относительно которых в **технологическом документе**, например в операционной карте, координирует положение обрабатываемых в данной операции поверхностей. Размеры, которыми координировано положение обрабатываемых поверхностей, называют **исходными** (операционными) **размерами**.

Задача выбора исходной базы возникает тогда, когда конструкторская база не совмещена с установочной базой. В этом случае решается задача, совместить ли исходную базу с конструкторской базой или с установочной базой. Решение принимается с учетом того, какая из этих двух баз (УБ или КБ) будет лучшей измерительной базой.

При этом руководствуются двумя важными соображениями в пользу совмещения исходной базой с конструкторской базой (ИБ = КБ):

- при совмещении (ИБ = КБ) связь между операционным (исходным) размером и размером на рабочем чертеже детали (конструкторским размером) получается очевидной, и легко проследить обеспечение заданной точности при разработке технологического процесса;
- любая другая простановка операционного размера (ИБ ≠ КБ) потребует увеличения объема послеоперационного контроля деталей.

Однако отклонить эти оба соображения и совместить исходную базу с установочной (ИБ = УБ) следует тогда, когда для этого есть весомые причины:

- необходимо контролировать исходный размер в процессе наладки станка на операционные размеры;
- конструкторская база мало пригодна для роли измерительной базы.

Задание 1.37

При обработке паза М (рис. 1.44, а) заготовка базируется по схеме, показанной на рис. 1.44, б. Необходимо решить, каким образом в операционном эскизе проставить исходный размер $A_{н1}$, координирующий дно паза, чтобы обеспечить конструкторский размер A_k .

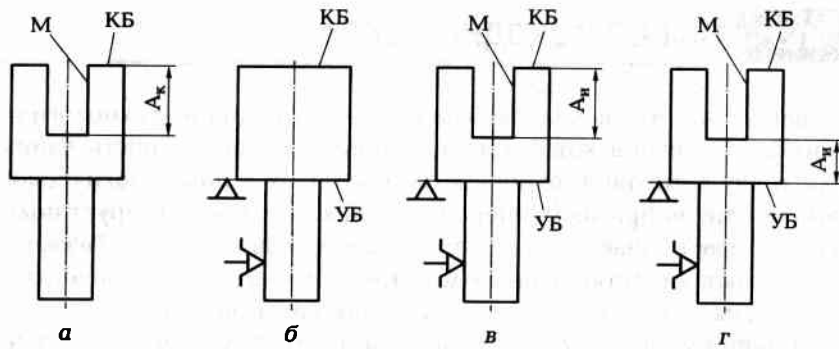


Рис. 1.44. Выбор баз при обработке паза:

a — чертеж конструктора; *б* — схема установки заготовки; *в* — совмещение ИБ и КБ (ИБ = КБ); *г* — совмещение ИБ и УБ (ИБ = УБ)

Решая вопрос, совместить ли исходную базу с конструкторской (рис. 1.44, *в*) или с установочной (рис. 1.44, *г*), следует принять во внимание то, что при наладке операции требуется установка режущего инструмента (фрезы) на заданный размер. Поэтому нужно совместить исходную базу с установочной базой, т. е. исходный размер на операционном эскизе проставить так, как показано на рис. 1.44, *г*.

Задание 1.38

При обработке отверстия *K* (рис. 1.45, *a*) на расточном станке невращающаяся заготовка *1* базируется по схеме, изображенной на рис. 1.45, *б*. Требуется наилучшим образом проставить исходный размер на операционном эскизе.

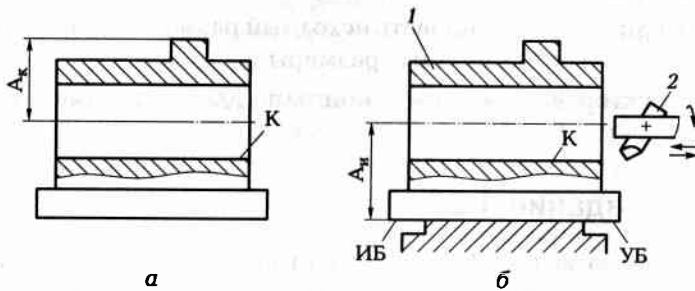


Рис. 1.45. Схема растачивания отверстия при неподвижной детали:

a — чертеж конструктора; *б* — выбор исходной базы (ИБ = УБ)

Так как при наладке операции требуется контролировать положение расточного резца *2*, то в целях исключения пересчета размеров при наладке исходный размер A_n следует проставить так, как показано на рис. 1.45, *б*, совместив исходную базу с установочной базой. Если же совместить ИБ с КБ, то процесс наладки операции усложнится из-за пересчета размеров, так как ИБ не будет совмещена с УБ.

Задание 1.39

При обработке паза (рис. 1.46, *a*) заготовку *1* устанавливают на цилиндрическую оправку *2* (рис. 1.46, *б*) по внутреннему диаметру. Требуется проставить в операционном эскизе исходный размер, обеспечивающий получение конструкторского размера A_k .

В данном случае конструкторской базой служит образующая *M* наружной цилиндрической поверхности, которая не может выполнять роль измерительной базы ввиду ее отсутствия у готовой

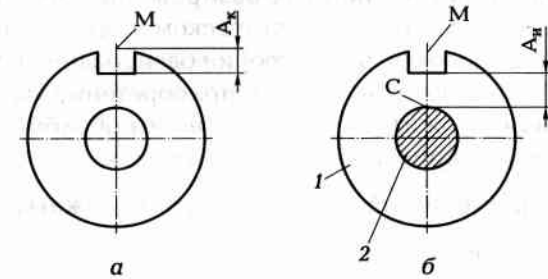


Рис. 1.46. Схема обработки паза:

a — чертеж конструктора; *б* — выбор исходной базы (ИБ = УБ)

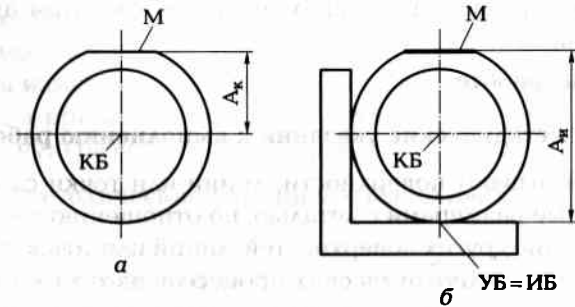


Рис. 1.47. Простановка исходного размера:

a — чертеж конструктора; *б* — выбор исходной базы (ИБ = УБ)

детали. Поэтому исходную базу следует совместить с установочной базой, а исходный размер A_n проставить, как показано на рис. 1.46, б. Измерительной базой в данном случае будет образующая C внутренней цилиндрической поверхности.

Задание 1.40

Конструкторская база показана на рис. 1.47, а. Оценить, правильно ли проставлен исходный размер A_n на операционном эскизе фрезерования плоскости M при базировании заготовки по схеме, изображенной на рис. 1.47, б (УБ = ИБ).

Практическая работа № 1.3. Базирование заготовок в зоне обработки станка

Цель работы — закрепление знаний о конструкторских и технологических базах и принципах базирования заготовок; приобретение навыков и умений в практическом применении принципа совмещения баз, использовании теории базирования при составлении операционных эскизов, а также приобретение умений в определении величины ожидаемой погрешности обработки в случаях несовмещения баз при базировании заготовок.

Отчет по практической работе должен содержать:

- эскиз заготовки;
- операционный эскиз своего варианта задания;
- результаты анализа соблюдения принципа совмещения баз по каждому исходному размеру;
- результаты расчета погрешностей по результатам анализа совмещения баз;
- выводы по работе.

Краткие методические указания к выполнению работы

Базами называют поверхности, линии или точки самой детали или связанные размерами с деталью, по отношению к которым задают положение других поверхностей, линий или точек этой детали. При разработке технологических процессов изготовления деталей различают конструкторские базы и технологические базы.

Конструкторские базы использует конструктор для взаимосвязи поверхностей детали на рабочем чертеже этой детали или на сбороч-

ном чертеже. На этих чертежах все взаимосвязанные поверхности являются конструкторскими базами одна по отношению к другой.

Технологические базы используют в технологических чертежах, главным из которых является операционный эскиз. Этими базами являются в основном поверхности, обработанные на предыдущих операциях, в том числе на заготовительной операции. Технологические базы удобно разделить на исходные, установочные (контактные) и измерительные.

Исходную базу используют для координации положения обрабатываемой поверхности с помощью исходного размера в операционной карте.

Установочную базу используют при базировании заготовки в зоне обработки станка (установка заготовки или в приспособление, или непосредственно на стол станка). С помощью этой базы создают определенность положения заготовки в направлении исходного размера при ее обработке. Так как установочная база контактирует с установочным элементом приспособления, то для нее может быть выбрана лишь реально существующая поверхность заготовки.

Измерительную базу используют для проверки правильности положения обработанной поверхности, т. е. относительно нее проверяют исходный размер.

При построении каждой операции технолог должен стремиться к совмещению всех перечисленных ранее баз, т. е. использовать один и тот же элемент детали, который уже определен конструктором на рабочем чертеже детали.

Таким образом, для технолога основной базой является конструкторская, с которой он стремится совместить исходную при разработке операции по обработке поверхности заготовки. В случае проектирования специального станочного приспособления для детали стремятся совместить установочную базу с исходной. При определении метода контроля исходного размера стремятся совместить измерительную базу с исходной при промежуточных проверках, а при окончательном контроле стремятся совместить измерительную базу с конструкторской.

Краткие методические указания к выполнению практической работы:

- изучить чертеж детали (рис. 1.48, а) и чертеж заготовки (рис. 1.48, б);
- составить чертеж детали, соответствующий своему варианту (табл. 1.29);

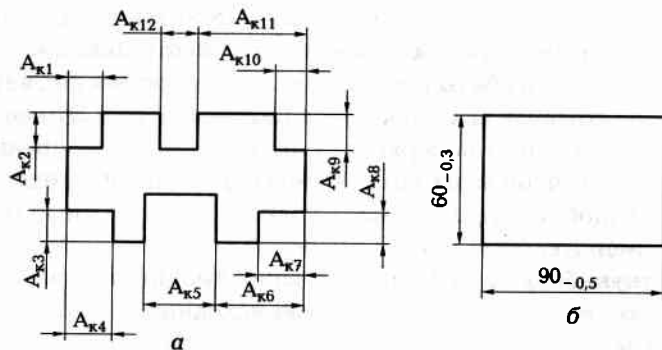


Рис. 1.48. Чертеж обрабатываемой детали (а) и заготовки (б)

- составить схему базирования для обработки заготовки (в один установ) по данным своего варианта задания;
- по своему варианту задания определить конструкторские базы для обрабатываемых поверхностей заготовки;
- проанализировать соблюдение принципа совмещения баз для каждого исходного размера;
- определить ожидаемую погрешность для каждого конструкторского размера;
- составить выводы по работе, обратив особое внимание на последствия от несовмещения баз.

Пример выполнения практической работы (вариант № 0)

Проанализировав вариант № 0 задания и комплексный чертеж детали, составим чертеж детали, соответствующий варианту № 0 (рис. 1.49, а), с конструкторскими размерами $A_{к1} = 10H14$, $A_{к2} = 20H14$, $A_{к3} = 10H15$, $A_{к4} = 15H13$, $A_{к9} = 15H15$ и $A_{к10} = 10H14$.

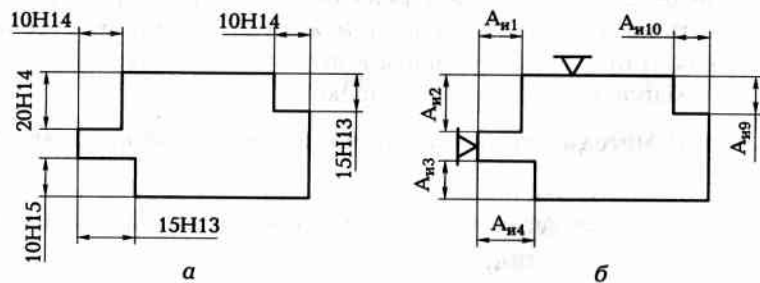


Рис. 1.49. Варианты (а и б) обрабатываемой детали

Таблица 1.29. Индивидуальные варианты для выполнения практической работы № 1.3

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A _{к1}	Номинальный размер, мм	10	12	8	—	12	—	—	14	12	—	6
	Точность	H14	H13	H16	—	H14	—	—	H12	H13	—	H14
A _{к2}	Номинальный размер, мм	20	12	8	—	14	—	—	10	10	—	6
	Точность	H14	H13	H14	—	H16	—	—	H14	H13	—	H16
A _{к3}	Номинальный размер, мм	10	—	—	12	—	14	—	12	—	6	7
	Точность	H15	—	—	H14	—	H14	—	H16	—	H14	H13
A _{к4}	Номинальный размер, мм	15	—	—	14	—	12	—	12	—	8	7
	Точность	H14	—	—	H16	—	H13	—	H14	—	H15	H14
A _{к5}	Номинальный размер, мм	—	10	—	—	8	—	10	—	8	10	—
	Точность	—	H13	—	—	H13	—	H13	—	H13	H13	—
A _{к6}	Номинальный размер, мм	—	20	—	—	14	—	22	—	18	20	—
	Точность	—	h15	—	—	h15	—	h14	—	h15	h16	—
A _{к7}	Номинальный размер, мм	—	12	—	—	10	—	11	10	—	12	—
	Точность	—	js13	—	—	js13	—	js15	js13	—	js14	—
A _{к8}	Номинальный размер, мм	—	10	—	—	10	—	10	12	—	12	—
	Точность	—	js13	—	—	js15	—	js13	js16	—	js13	—
A _{к9}	Номинальный размер, мм	15	—	8	14	—	12	—	6	—	—	10
	Точность	H15	—	H14	H15	—	H16	—	H13	—	—	H14
A _{к10}	Номинальный размер, мм	10	—	8	10	—	12	—	6	—	—	12
	Точность	H14	—	H16	H13	—	H14	—	H14	—	—	H15

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A _{к11}	Номинальный размер, мм	—	—	20	15	—	22	20	—	22	—	24
	Точность	—	—	js13	js15	—	js14	js16	—	js13	—	js13
A _{к12}	Номинальный размер, мм	—	—	5	10	—	8	6	—	10	—	9
	Точность	—	—	H13	H15	—	H16	H13	—	H14	—	H13

При составлении схемы базирования заготовки для обработки в один установ по данным своего варианта задания (см. табл. 1.29) за установочные базы примем те поверхности заготовки, которые являются конструкторскими базами по отношению к большему числу обрабатываемых поверхностей. Принятая схема базирования заготовки при таких условиях и получаемые исходные размеры $A_{и}$ представлены на рис. 1.49, б.

Проанализируем соблюдение принципа совмещения баз для каждого исходного размера. Из анализа схемы базирования заготовки (см. рис. 1.49, б) следует, что исходные размеры $A_{и1}$, $A_{и2}$, $A_{и3}$, $A_{и4}$ и $A_{и9}$ обеспечиваются без нарушения принципа совмещения баз (УБ = КБ = ИБ), и точность конструкторских размеров будет соответствовать точности исходных размеров. В то же время исходные размеры $A_{и3}$ и $A_{и10}$ обеспечиваются с нарушением принципа совмещения баз (УБ \neq КБ \neq ИБ), и точность конструкторских размеров $A_{к3}$ и $A_{к10}$ не будет соответствовать точности исходных размеров. Чтобы достичь такого соответствия, точность исходного размера $A_{и3}$ следует повысить на 0,3 мм, что равно погрешности взаимного положения КБ и УБ (размер 60_{-0,3}), а точность исходного размера $A_{и10}$ следует повысить на величину 0,5 мм, что равно погрешности взаимного положения КБ и УБ (размер 90_{-0,5}).

Если запаса точности исходного размера будет недостаточно, то можно повысить точность соответствующих размеров заготовки (размеры 60_{-0,3} и 90_{-0,5}) или понизить точность конструкторских размеров $A_{к3}$ и $A_{к10}$.

В качестве выводов можно отметить, что нарушение принципа совмещения баз всегда приводит к пересчету размеров, а в ряде случаев и к изменению точности заготовки и детали.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 1.3

1. Что следует понимать под базированием заготовки?
2. Дайте определение понятию «база» и перечислите виды баз, используемых технологом при проектировании технологического процесса обработки заготовки.
3. Какие базы называют конструкторскими?
4. Какие базы называют технологическими?
5. Что такое установочная база?
6. Что представляет собой измерительная база?
7. Объясните, что значит последовательность обработки поверхностей заготовки применительно к достижению требуемой точности.
8. Объясните сущность правила, которым должен руководствоваться технолог при выборе установочной базы.
9. Объясните сущность правила, которым должен руководствоваться технолог при выборе технологической (исходной) базы.
10. Приведите пример использования постоянной установочной базы при обработке заготовки.

1.9. ТОЧНОСТЬ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Точность обработки оценивают степенью соответствия поля рассеивания действительных размеров деталей заданному полю допуска. Применительно к механической обработке рассматриваться в основном будут геометрические параметры детали.

Для оценки геометрической точности деталей удобнее рассматривать две характеристики точности. К **первой характеристике точности** относят параметры точности самих поверхностей (по размеру, форме, шероховатости и др.). Ко **второй характеристике точности** относят параметры точности положения рассматриваемой поверхности относительно других поверхностей этой детали (по координирующему размеру, параллельности, перпендикулярности).

Кроме того, для оценки точности обработки используют следующие категории точности:

1. **Заданная (требуемая) точность**, которая равна допуску T на заданный размер. Заданную точность указывают на рабочих чертежах деталей или сборочных чертежах изделия.

2. **Ожидаемая (расчетная) точность**, равная ожидаемому (расчетному) рассеиванию размеров.

3. **Действительная точность**, равная действительному рассеиванию размеров, получаемому в результате измерения готовых деталей или сборочных единиц.

На технологических и конструкторских чертежах каждый размер задают в виде двух допустимых предельных значений, максимального L_{max} и минимального L_{min} . Разность между этими значениями называют **допуском T размера**:

$$T = L_{max} - L_{min}.$$

Погрешность обработки — это числовое выражение точности обработки. Погрешность обработки возникает из-за воздействия на систему обработки:

- неточности металлообрабатывающего станка;
- неточности станочного приспособления;
- неточности режущего инструмента;
- неточности заготовки для обрабатываемой детали;
- упругих деформаций элементов системы обработки;
- температурных деформаций элементов системы обработки;
- неточности установки режущего инструмента на размер при наладке;
- неточности измерений параметров детали и др.

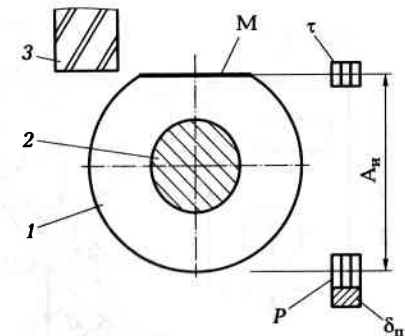
При оценке погрешности обработки определяют:

- ожидаемую погрешность при автоматическом получении размера;
- суммарную погрешность обработки;
- погрешность формы обработанной поверхности;
- погрешность взаимного расположения поверхностей;
- шероховатость поверхности по этапам ее обработки.

1.10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОЖИДАЕМОЙ ТОЧНОСТИ ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОМ ПОЛУЧЕНИИ КООРДИНИРУЮЩЕГО РАЗМЕРА

Заготовка может базироваться в зоне обработки станка или в станочном приспособлении для детали, или непосредственно на столе станка. Обрабатываемые в данной операции поверхности заготовки координируются относительно необрабатываемых поверхностей с помощью исходных размеров, точность которых за-

висит от ряда производственных погрешностей.



висит от ряда производственных погрешностей.

Погрешности первой группы определяют погрешность P обработки, связанную с базированием заготовки в приспособлении.

Погрешности второй группы определяют погрешность δ_n обработки, связанную с базированием приспособления для детали на станке.

Погрешности третьей группы определяют погрешность τ обработки, связанную с методом обработки.

Ожидаемая погрешность δ_Σ в исходном размере будет равна сумме этих главных составляющих:

$$\delta_\Sigma = P + \delta_n + \tau. \quad (1.26)$$

На рис. 1.50 схематично представлены главные составляющие P , δ_n и τ ожидаемой погрешности применительно к обработке фрезой 3 плоской поверхности M заготовки 1, установленной на гладкой цилиндрической оправке 2.

Главная составляющая P ожидаемой погрешности, связанная с базированием заготовки в приспособлении, зависит в основном от погрешностей установочных баз заготовки и от погрешностей установочных элементов приспособления. Зная эти погрешности, можно рассчитать погрешность P для каждого исходного размера. Существуют общие формулы для расчета погрешности P .

Для случая несовмещения исходной и установочной баз (ИБ \neq УБ) применительно к обработке плоской поверхности M заготовки 1, установленной на гладкой цилиндрической оправке 2 (рис. 1.51, а и б):

$$P = \lambda + \delta_p; \quad (1.27)$$

$$\lambda = T_6 \cos \gamma; \quad (1.28)$$

$$\delta_p = \delta_y \cos \beta; \quad (1.29)$$

$$P = T_6 \cos \gamma + \delta_y \cos \beta, \quad (1.30)$$

где λ — погрешность от несовмещения ИБ с УБ; δ_p — расчетная погрешность установки; T_6 — допуск на взаимное положение ИБ

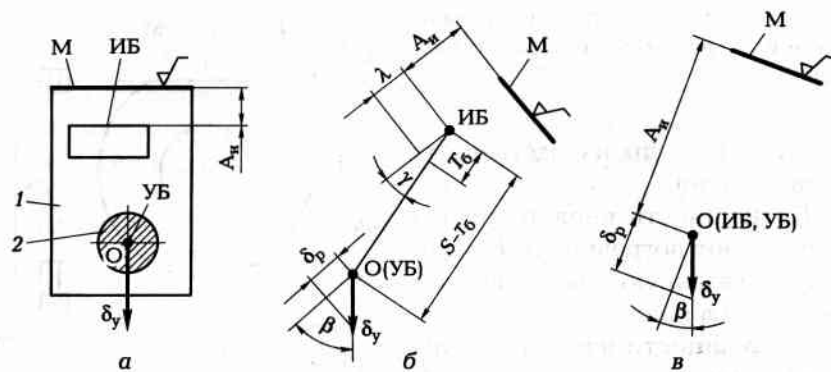


Рис. 1.51. Схема расчета погрешности P :

a — схема базирования заготовки; b — расчетная схема для случая несовмещения ИБ и УБ (ИБ \neq УБ); $в$ — расчетная схема для случая совмещения ИБ и УБ (ИБ = УБ)

и УБ (допуск на размер S); γ — угол между направлениями T_6 и A_n ; δ_y — погрешность установки заготовки в приспособлении; β — угол между направлениями δ_y и A_n .

Для случая совмещения исходной и установочной баз (ИБ = УБ) применительно к обработке плоской поверхности M упрощенная схема представлена на рис. 1.51, в (погрешность взаимного положения баз $\lambda = 0$):

$$P = \delta_y \cos \beta. \quad (1.31)$$

В Приложении 71 приведены формулы для определения погрешности δ_y установки заготовки и погрешности P для некоторых случаев базирования заготовок.

Задание 1.41

Определить погрешность P , связанную с установкой заготовки (рис. 1.52, a) в приспособлении на призму с углом $2\gamma = 90^\circ$ при фрезеровании плоскости M (рис. 1.52, $б$).

Способ базирования заготовки соответствует случаю совмещения исходной базы с установочной базой (ИБ = УБ). Направление погрешности δ_y установки совпадает с направлением исходного размера A_n (угол $\beta = 0$). Тогда по формуле (1.31) с учетом Приложения 83 имеем

$$P = \delta_y \cos \beta = T_6 \cos 0 / 2 \sin 45^\circ = 0,1 \cdot 0,7 = 0,07 \text{ мм.}$$

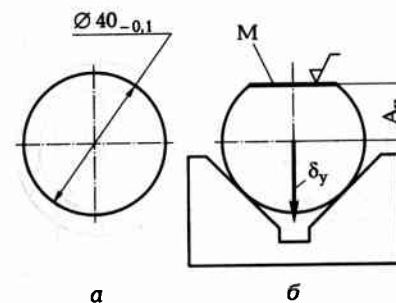


Рис. 1.52. Схема установки заготовки (a) на призму при фрезеровании ($б$) плоскости

Задание 1.42

Определить погрешность P , связанную с установкой заготовки (рис. 1.53, a) в приспособлении на призму с углом $2\gamma = 90^\circ$ при фрезеровании паза M (рис. 1.53, $б$).

Задание 1.43

Определить погрешность P , связанную с установкой заготовки ($\text{Ø}50_{-0,15}$) в приспособлении на призму с углом $2\gamma = 90^\circ$ при фрезеровании плоскости M (рис. 1.54).

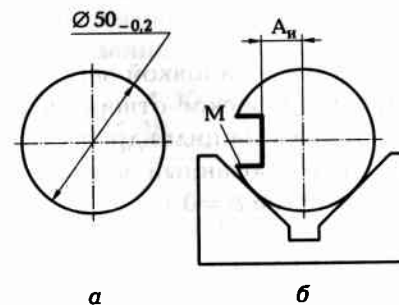


Рис. 1.53. Схема установки заготовки (a) на призму при фрезеровании ($б$) паза

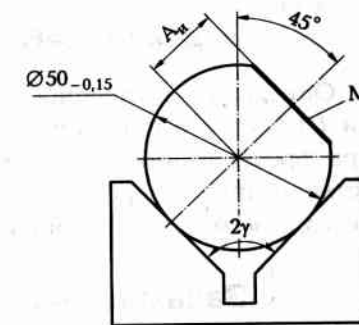


Рис. 1.54. Схема установки заготовки на призму при фрезеровании плоскости

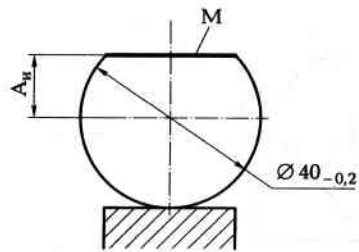


Рис. 1.55. Схема установки заготовки на плоский установочный элемент при фрезеровании плоскости

Задание 1.44

Определить погрешность P , связанную с установкой заготовки ($\varnothing 40_{-0,2}$) в приспособлении на плоскость при фрезеровании плоскости M (рис. 1.55).

Задание 1.45

Определить погрешность P , связанную с установкой заготовки 1 (рис. 1.56, а) в приспособлении на цилиндрический установочный элемент 2 при фрезеровании плоскости M (рис. 1.56, б). Допуск на цилиндрический установочный элемент $T_y = 0,05$ мм; гарантированный зазор при посадке заготовки на установочный элемент $\Delta = 0,15$ мм.

Задание 1.46

Определить погрешность P , связанную с установкой заготовки 1 ($\varnothing 50_{-0,1}$) в приспособлении в цилиндрическое отверстие 2 при фрезеровании паза M (рис. 1.57). Допуск на цилиндрическое установочное отверстие $T_y = 0,05$ мм; гарантированный зазор при посадке заготовки в цилиндрическое отверстие $\Delta = 0,1$ мм.

Задание 1.47

Определить ожидаемую погрешность обработки в исходном размере $A_{\text{н}}$ после сверления отверстия при базировании заготовки (рис. 1.58, а) по схеме, показанной на рис. 1.58, б. Известно, что

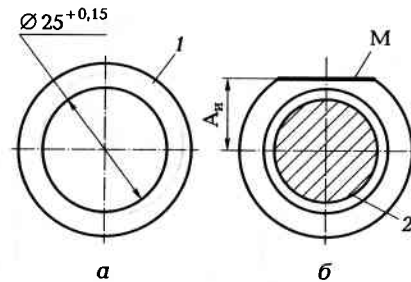


Рис. 1.56. Схема установки (а) заготовки на цилиндрический установочный элемент при фрезеровании (б) плоскости

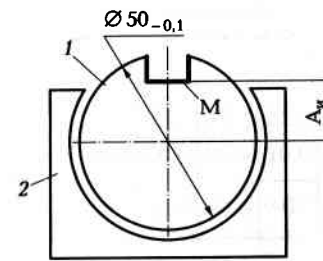


Рис. 1.57. Схема установки заготовки в цилиндрическое отверстие при фрезеровании паза

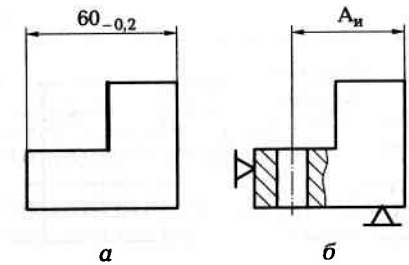


Рис. 1.58. Схема базирования заготовки (а) при обработке (б) отверстия

погрешность, связанная с методом обработки $\tau = 0,04$ мм, а погрешность, связанная с установкой приспособления на станке $\delta_{\text{п}} = 0$.

Согласно формуле (1.26) ожидаемая погрешность в исходном размере $\delta_{\Sigma} = P + \delta_{\text{п}} + \tau$. Так как исходный размер выдерживается в условиях несовмещения баз (ИБ \neq УБ), то согласно формуле (1.30): $P = T_6 \cos \gamma + \delta_y \cos \beta$. По табл. П16.4 (установка плоскости на плоскость) находим, что $\delta_y = 0$. Так как $\gamma = 0$, а $T_6 = 0,2$ мм ($60_{-0,2}$), то $P = 0,2$ мм. Тогда ожидаемая погрешность в исходном размере $\delta_{\Sigma} = 0,2 + 0 + 0,04 = 0,24$ мм.

Задание 1.48

По одному из вариантов задания (табл. 1.30) решить, какие допуски T_1 на размер L_1 и T_2 на размер L_2 (рис. 1.59, а) в предшествующей обработке следует назначить, чтобы ожидаемая погрешность δ_{Σ} в исходном размере не превысила погрешность заданную $\delta_{\Sigma \text{зад}}$. Операция фрезерования поверхностей K и M выполняется по схеме базировании заготовки, показанной на рис. 1.59, б.

Таблица 1.30. Индивидуальные варианты для выполнения задания 1.48

Исходные данные	Вариант										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Погрешность $\delta_{1\Sigma \text{зад}}$, мм	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2
$\delta_{2\Sigma \text{зад}}$, мм	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2

Исходные данные		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Погрешность	τ , мм	0,05	0,08	0,07	0,05	0,05	0,05	0,07	0,08	0,05	0,05	0,05
	$\delta_{\text{п}}$, мм	0	0,01	0,05	0,01	0,05	0	0	0,05	0,05	0	0

Пример выполнения задания (вариант № 0)

Рассмотрим исходный размер $A_{\text{н1}}$ и размер заготовки L_1 . На основании уравнения (1.26) и условия задачи имеем $\delta_{\Sigma} = P + \delta_{\text{п}} + \tau \leq 0,1$ мм. Отсюда находим, что $P \leq 0,1 - \tau - \delta_{\text{п}}$. По формуле (1.27) $P = \lambda + \delta_{\text{р}}$. Но так как размер $A_{\text{н1}}$ выдерживается в условиях совмещения баз (ИБ = УБ), то $\lambda = 0$. Тогда с учетом (1.29) $P = \delta_{\gamma_1} \cos \beta = 0$ ($\delta_{\gamma_1} = 0$) (табл. П16.4). Таким образом, делаем вывод, что допуск T_1 на размер L_1 , полученный в предшествующей обработке, не влияет на точность исходного размера $A_{\text{н1}}$, т.е. допуск T_1 может быть любым.

Рассмотрим исходный размер $A_{\text{н2}}$ и размер заготовки L_2 . На основании уравнения (1.26) и условия задачи имеем $\delta_{\Sigma} = P + \delta_{\text{п}} + \tau \leq 0,1$ мм. Отсюда находим, что $P \leq 0,1 - \tau - \delta_{\text{п}}$. По формуле (1.27) $P = \lambda + \delta_{\text{р}}$. Так как размер $A_{\text{н2}}$ выдерживается в условиях несовмещения баз (ИБ \neq УБ), то на точность исходного размера окажет влияние погрешность взаимного положения баз (допуск $T_2 = T_6$). С учетом формулы (1.30) $P = \delta_{\gamma_2} \cos \beta + T_2 \cos \gamma = T_2 (\delta_{\gamma_2} = 0, \gamma = 0)$. Тогда $T_2 \leq 0,1 - 0,05 - 0 \leq 0,05$ мм. Таким образом, допуск T_2 на размер L_2 , получаемый на предшествующей операции, не должен превышать 0,05 мм.

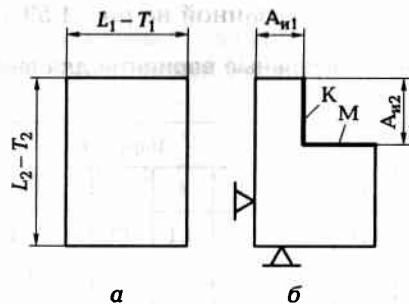


Рис. 1.59. Схема базирования заготовки (а) при обработке (б) двух поверхностей

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называют исходной заготовкой для детали?
2. Какие известны способы назначения припусков на механическую обработку? От каких параметров зависит величина общего припуска?
3. Что такое коэффициент использования материала?
4. Какими параметрами характеризуют технологичность исходной заготовки?
5. Что следует понимать под точностью механической обработки?
6. Перечислите категории точности применительно к обработке заготовки.
7. Как рассчитывают ожидаемую погрешность обработки заготовки?
8. Перечислите составляющие себестоимости исходной заготовки.
9. Что такое погрешность базирования (или установки) заготовки?
10. К чему приводит нарушение технологом принципа совмещения баз?

ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

2.1. СТРУКТУРА ШТУЧНОГО ВРЕМЕНИ

Техническое нормирование операций представляет собой совокупность методов и приемов, позволяющих установить технически обоснованную норму времени на выполнение определенных операций технологического процесса в условиях конкретного производства.

Норма времени — это технически обоснованное время выполнения технологической операции в наиболее благоприятных для данного производства условиях.

На основе нормы времени рассчитывают заработную плату рабочих, определяют производительность труда, требуемое количество технологического оборудования, осуществляют планирование работы производственных подразделений, определяют потребность в рабочей силе и др. Для установления технически обоснованной нормы времени пользуются следующими методами:

- метод расчета нормы времени по нормативам;
- метод хронометража и фотографии рабочего дня в конкретных производственных условиях;
- метод сравнения и расчета нормы времени по типовым нормативам;
- опытно-статистический метод нормирования.

При расчете по нормативам технологическая операция разбивается на элементы: переходы, проходы, приемы и движения. Каждый элемент анализируется и в отдельности, и в сочетании со смежными элементами. Для каждого элемента по справочникам устанавливают продолжительность исполнения. Время всей операции складывается из суммы времен, затрачиваемых на отдельные элементы с учетом возможной параллельности их выполнения. Например, операция фрезерования плоскости в условиях единичного

производства может состоять из следующих элементов (основных, и вспомогательных):

- установка заготовки на станок;
- выверка положения заготовки и закрепление ее;
- включение станка;
- подведение заготовки к фрезе;
- фрезеровка небольшого участка поверхности;
- отведение заготовки от фрезы;
- измерение получившегося размера;
- корректировка взаимного положения фрезы и заготовки с помощью лимба;
- подведение заготовки к фрезе и включение автоматической подачи;
- фрезерование поверхности заготовки;
- выключение станка по окончании обработки;
- раскрепление и снятие детали;
- укладка детали в тару;
- отведение стола станка в исходное положение;
- очистка станка от стружки.

Продолжительность выполнения отдельных элементов операции зависит от массы и размеров заготовки, от схемы базирования заготовки, типа станка, требуемой точности обработки и др. Устанавливают продолжительность по общемашиностроительным справочникам для нормирования станочных работ.

Для установления технически обоснованной нормы времени на каждую операцию необходимо рассчитывать штучное время.

Штучное время — это норма времени на обработку одной детали в условиях массового производства. Оно складывается из нескольких частей:

$$T_{шт} = t_o + t_b + t_{орг} + t_{т.о} + t_{п} \quad (2.1)$$

где t_o — основное (машинное или технологическое) время; t_b — вспомогательное время; $t_{орг}$ — время организационного обслуживания; $t_{т.о}$ — время технического обслуживания; $t_{п}$ — время перерывов в работе на отдых и личные надобности.

Основным временем (t_o) называют время, в течение которого достигается цель технологической операции, т. е. непосредственно осуществляется изменение размеров и формы заготовки, а также качества ее поверхностного слоя. При сборке изделия в течение

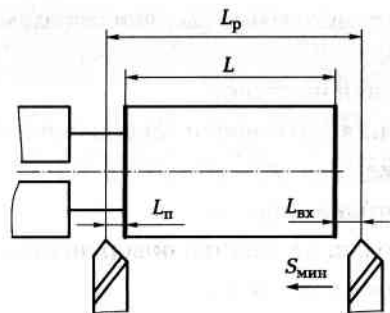


Рис. 2.1. Схема определения расчетной длины обработки

основного времени происходит изменение взаимного расположения деталей и их крепление.

При механической обработке заготовки на станке основное время определяют для каждого основного перехода по формуле

$$t_o = L_p i / (S_{\min} a), \quad (2.2)$$

где L_p — расчетная длина обработки (рис. 2.1); i — число рабочих проходов в данном переходе; S_{\min} — минутная подача режущего инструмента; a — число одновременно обрабатываемых заготовок.

Минутная подача режущего инструмента определяется по формуле

$$S_{\min} = n S_{\text{об}}, \quad (2.3)$$

где n — частота вращения шпинделя или фрезы, мин^{-1} ; $S_{\text{об}}$ — подача на один оборот детали или фрезы.

Расчетная длина обработки определяется по формуле

$$L_p = L + L_{\text{вп}} + L_{\text{п}}, \quad (2.4)$$

где L — длина обрабатываемой поверхности; $L_{\text{вп}}$ — длина врезания режущего инструмента; $L_{\text{п}}$ — длина перебега (выхода или схода) режущего инструмента.

Вспомогательное время (t_b) — это время действий рабочего на выполнение вспомогательных переходов (установка и закрепление заготовки, снятие детали, управление механизмами станка, контрольные измерения и др.).

Оперативное время ($t_{\text{оп}}$) — это время, в течение которого выполняются действия, повторяющиеся при выполнении операции над каждой заготовкой. Это время включает в себя основное время и вспомогательное время, т. е.

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_b. \quad (2.5)$$

Время организационного обслуживания рабочего места ($t_{\text{орг}}$) — это время, затрачиваемое рабочим-станочником на уход за рабочим местом в течение смены: на раскладку и уборку инструмента, на осмотр и опробование станка, на очистку от стружки станка и его смазку. Исчисляется это время в процентах от оперативного времени. Например, по нормативам для крупносерийного производства оно составляет 0,8...2,5 % оперативного времени.

Время технического обслуживания рабочего места ($t_{\text{т.о}}$) — это время, затрачиваемое рабочим на уход за рабочим местом в процессе выполнения работы: на подналадку и регулирование станка в процессе работы, на правку и замену затупившегося режущего инструмента, на сметание стружки во время работы. Определяют это время в процентах от основного времени. По нормативам для большинства станков оно составляет 3...6 % основного времени.

Для более точного определения времени организационного обслуживания рабочего места (при массовом производстве) применяют расчетные формулы.

При черновой обработке заготовок:

$$t_{\text{т.о}} = t_c / q, \quad (2.6)$$

где t_c — время, затрачиваемое на смену притупившегося инструмента; $q = T / t_o$ — число заготовок, обрабатываемых за период стойкости T режущего инструмента.

При чистовой обработке:

$$t_{\text{т.о}} = (t_{\text{пн}} K_{\text{пн}} + t_{\text{пр}} K_{\text{пр}} + t_c) / q, \quad (2.7)$$

где $t_{\text{пн}}$, $t_{\text{пр}}$ — время, затрачиваемое на подналадку и правку инструмента; $K_{\text{пн}}$, $K_{\text{пр}}$ — число подналадок и правок инструмента; q — число заготовок, обработанных за период стойкости режущего инструмента.

Время перерывов в работе на отдых и личные надобности (t_n) — это время, затрачиваемое рабочим на личные физиологические потребности и отдых. Время на отдых предусматривается в случае тяжелых утомительных работ. Исчисляют по нормативам в процентах от оперативного времени. В единичном и серийном производстве оно составляет 4...5 %, в крупносерийном и массовом производстве — 5...8 % оперативного времени, но не более 2 % продолжительности рабочей смены.

Подготовительно-заключительное время ($t_{\text{п-з}}$) — это время, устанавливаемое при обработке заготовок партиями (серийное производство), для подготовки и наладки станка, приспособлений и инструментов, а также для приведения их в первоначальное со-

стояние после окончания обработки всей партии заготовок. Это время отводится на всю партию заготовок. Его величина зависит от сложности оборудования, оснастки, характера выполняемой работы и уровня сложности наладки, но не зависит от количества заготовок в обрабатываемой партии. С учетом подготовительно-заключительного времени норма времени $t_{\text{парт}}$ для обработки всей партии, состоящей из $q_{\text{парт}}$ (штук) заготовок:

$$t_{\text{парт}} = T_{\text{шт}} q_{\text{парт}} + t_{\text{п-з}} \quad (2.8)$$

Штучно-калькуляционное время ($t_{\text{шт-к}}$) — это время обработки одной заготовки (или изготовления одного изделия), когда обработка ведется партиями, т. е. когда подготовительно-заключительное время задают на всю партию, состоящую из числа $q_{\text{парт}}$ заготовок. Подсчитывается эта норма времени по формуле

$$t_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + t_{\text{п-з}} / q_{\text{парт}} \quad (2.9)$$

Задание 2.1

По одному из вариантов задания (табл. 2.1) определить основное время для обтачивания поверхности М заготовки, схема обработки которой представлена на рис. 2.2.

Таблица 2.1. Индивидуальные варианты для выполнения задания 2.1

Исходные данные	Вариант										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L , мм	110	80	90	110	75	60	86	100	102	85	70
$L_{\text{вр}}$, мм	2	2	2	1,5	1,5	1,5	2	2	1,5	1,5	2
$L_{\text{п}}$, мм	1,5	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,0	1,0	2	1,0	2
$S_{\text{об}}$, мм/об	0,2	0,3	0,4	0,25	0	0,35	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2
n , мин ⁻¹	350	300	320	400	300	400	350	300	400	350	300
Число проходов i	2	1	3	3	2	2	1	3	2	2	1

Пример выполнения задания (вариант № 0)

Для определения основного времени воспользуемся формулой (2.2):

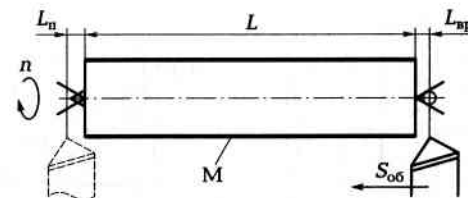


Рис. 2.2. Схема обтачивания заготовки

$$t_o = L_p i / (S_{\text{мин}} a).$$

Согласно заданию обработка ведется за два прохода ($i = 2$), и обрабатывается одна заготовка ($a = 1$). Расчетную длину вычислим по формуле (2.4):

$$L_p = L + L_{\text{вр}} + L_{\text{п}}.$$

Согласно заданию, длина обрабатываемой поверхности $L = 110$ мм, длина врезания $L_{\text{вр}} = 2$ мм, длина перебега резца $L_{\text{п}} = 1,5$ мм. Тогда $L_p = 110 + 2 + 1,5 = 113,5$ мм. Минутную подачу вычислим по формуле (2.3) $S_{\text{мин}} = n S_{\text{об}}$. Согласно заданию заготовка вращается с частотой $n = 350$ мин⁻¹, а подача на один оборот заготовки $S_{\text{об}} = 0,2$ мм. Тогда минутная подача $S_{\text{мин}} = 350 \cdot 0,2 = 70$ мм/мин. Таким образом, основное время $t_o = (113,5 \cdot 2) / (70 \cdot 1) \approx 3,2$ мин.

Задание 2.2

По одному из вариантов задания (табл. 2.2) определить основное время для сверления отверстия $\varnothing D$ в заготовке, схема обработки которой представлена на рис. 2.3, а.

Таблица 2.2. Индивидуальные варианты для выполнения задания 2.2

Исходные данные	Вариант										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L , мм	20	15	30	25	35	20	30	40	25	30	35
$\varnothing D$, мм	10	10	20	10	15	14	10	16	8	12	10
$L_{\text{п}}$, мм	1,5	1,0	2,0	1,5	1,5	1,5	1,8	1,5	1,0	1,5	1,5
$S_{\text{об}}$, мм/об	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
n , мин ⁻¹	200	200	150	180	130	140	180	130	200	160	200

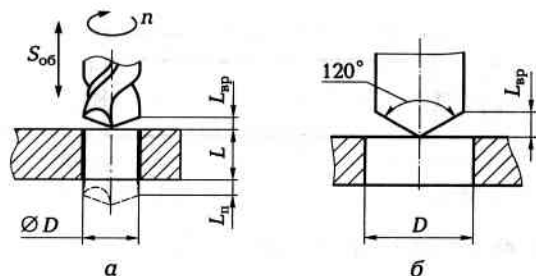


Рис. 2.3. Схема сверления (а) и расчетная схема (б) при обработке сквозного отверстия

Пример выполнения задания (вариант № 0)

Для определения основного времени воспользуемся формулой (2.2) $t_o = L_p i / (S_{\text{мин}} a)$. Согласно заданию обработка ведется за один проход ($i = 1$), и обрабатывается одна заготовка ($a = 1$). Расчетную длину вычислим по формуле (2.4) $L_p = L + L_{\text{вп}} + L_{\text{п}}$. Согласно заданию длина L обрабатываемой поверхности равна 20 мм. Длину $L_{\text{вп}}$ врезания найдем из геометрических соотношений (рис. 2.3, б). При угле сверла в плане 120° $L_{\text{вп}} = D / 2\sqrt{3} = 10 / 2\sqrt{3} \approx 3$ мм. По заданию длина перебега резца $L_{\text{п}} = 1,5$ мм. Тогда расчетная длина $L_p = 20 + 3 + 1,5 = 24,5$ мм. Минутную подачу $S_{\text{мин}}$ вычислим по формуле (2.3):

$$S_{\text{мин}} = n S_{\text{об}}$$

Согласно заданию сверло вращается с частотой $n = 200 \text{ мин}^{-1}$, а подача на один оборот сверла $S_{\text{об}} = 0,1$ мм. Тогда минутная подача $S_{\text{мин}} = 200 \cdot 0,1 = 20$ мм/мин. Таким образом, основное время $t_o = (24,5 \cdot 1) / (20 \cdot 1) \approx 1,2$ мин.

Задание 2.3

По одному из вариантов задания (табл. 2.3) определить основное время для обработки фрезой $\varnothing d_{\text{ф}}$ паза М глубиной h в заготовке, схема обработки которой представлена на рис. 2.4, а.

Таблица 2.3. Индивидуальные варианты для выполнения задания 2.3

Исходные данные	Вариант										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L , мм	60	40	35	50	45	30	58	68	48	62	55

Исходные данные	Вариант										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h , мм	10	12	14	10	15	10	12	14	10	15	12
$\varnothing d_{\text{ф}}$, мм	40	60	80	80	90	60	60	70	70	90	80
$L_{\text{п}}$, мм	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$S_{\text{об}}$, мм/об	0,6	0,4	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4
n , мин^{-1}	150	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Число проходов i	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3

Пример выполнения задания (вариант № 0)

Для определения основного времени воспользуемся формулой (2.2): $t_o = L_p i / (S_{\text{мин}} a)$. Согласно заданию обработка ведется за один проход ($i = 1$), и обрабатывается одна заготовка ($a = 1$). Расчетную длину вычислим по формуле (2.4): $L_p = L + L_{\text{вп}} + L_{\text{п}}$. Согласно заданию длина L обрабатываемой поверхности равна 60 мм. Длину $L_{\text{вп}}$ врезания найдем из геометрических соотношений (рис. 2.4, б). При диаметре фрезы $d_{\text{ф}} = 40$ мм и глубине паза $h = 10$ мм $L_{\text{вп}} = \sqrt{h(d_{\text{ф}} - h)} \approx 17$ мм. По заданию длина перебега фрезы $L_{\text{п}} = 5$ мм. Тогда расчетная длина $L_p = 60 + 17 + 5 = 82$ мм. Минутную подачу $S_{\text{мин}}$ вычислим по формуле (2.3): $S_{\text{мин}} = n S_{\text{об}}$. Согласно заданию фреза вращается с частотой $n = 150 \text{ мин}^{-1}$, а подача на один оборот фрезы $S_{\text{об}} = 0,6$ мм/об. Тогда минутная подача $S_{\text{мин}} = 150 \cdot 0,6 = 90$ мм/мин. Таким образом, основное время $t_o = (82 \cdot 1) / (90 \cdot 1) \approx 0,9$ мин.

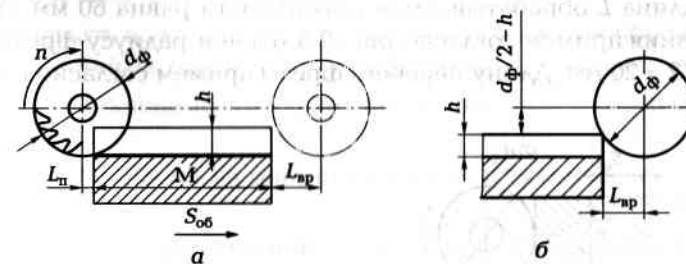


Рис. 2.4. Схема фрезерования паза (а) и расчетная схема (б)

Задание 2.4

По одному из вариантов задания (табл. 2.4) определить основное время для обработки торцевой фрезой $\varnothing d_{\text{ф}}$ плоской поверхности шириной B заготовки, схема обработки которой представлена на рис. 2.5.

Таблица 2.4. Индивидуальные варианты для выполнения задания 2.4

Исходные данные	Вариант										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L , мм	60	40	35	50	45	30	58	68	48	62	55
B , мм	20	30	40	40	50	30	25	40	45	60	40
$\varnothing d_{\text{ф}}$, мм	40	60	80	80	90	60	60	70	70	90	80
$L_{\text{п}}$, мм	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$S_{\text{об}}$, мм/об	0,5	0,4	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4
n , мин ⁻¹	150	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Число проходов i	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3

Пример выполнения задания (вариант № 0)

Для определения основного времени воспользуемся формулой (2.2): $t_o = L_p i / (S_{\text{мин}} a)$. Согласно заданию обработка ведется за один проход ($i = 1$), и обрабатывается одна заготовка ($a = 1$). Расчетную длину вычислим по формуле (2.4): $L_p = L + L_{\text{вр}} + L_{\text{п}}$. Согласно заданию длина L обрабатываемой поверхности равна 60 мм. Длину $L_{\text{вр}}$ врезания примем согласно рис. 2.5 равной радиусу фрезы, т. е. $L_{\text{вр}} = d_{\text{ф}}/2 = 20$ мм. Длину перебега фрезы примем согласно рис. 2.5

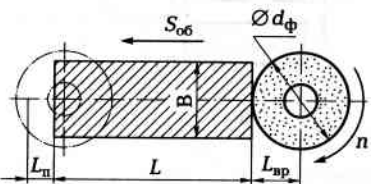


Рис. 2.5. Схема обработки плоской поверхности торцевой фрезой

$L_{\text{п}} = 0,8d_{\text{ф}}/2 = 16$ мм. Тогда расчетная длина $L_p = 60 + 20 + 16 = 96$ мм. Минутную подачу $S_{\text{мин}}$ вычислим по формуле (2.3):

$$S_{\text{мин}} = nS_{\text{об}}$$

Согласно заданию фреза вращается с частотой $n = 150$ мин⁻¹, а подача на один оборот фрезы $S_{\text{об}} = 0,5$ мм/об. Тогда минутная подача $S_{\text{мин}} = 150 \cdot 0,5 = 75$ мм/мин. Таким образом, основное время $t_o = (96 \cdot 1) / (75 \cdot 1) \approx 1,3$ мин.

2.2. НОРМИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ

Практическая работа № 2.1. Нормирование токарной операции технологического процесса

Цель работы — ознакомление с основными понятиями и определениями, используемыми при практическом нормировании токарных операций; приобретение навыков и умений по расчету времени, необходимому для обтачивания поверхностей, закрепление знаний по нормированию токарных операций.

Отчет по практической работе должен содержать:

- операционные эскизы обработки поверхностей на токарном станке;
- расчетные формулы;
- результаты расчетов;
- выводы по работе.

1. По одному из вариантов задания на практическую работу (рис. 2.6 и табл. 2.5):

- рассчитать основное (технологическое) время на обработку поверхностей заготовки в одну операцию;
- определить вспомогательное и подготовительно-заключительное время;
- рассчитать время на организационное и техническое обслуживание;
- определить норму времени на выполнение всей операции.

2. Материал режущей части резцов — Р9, диаметр сечения оправки 16 мм, угол резца в плане 45°.

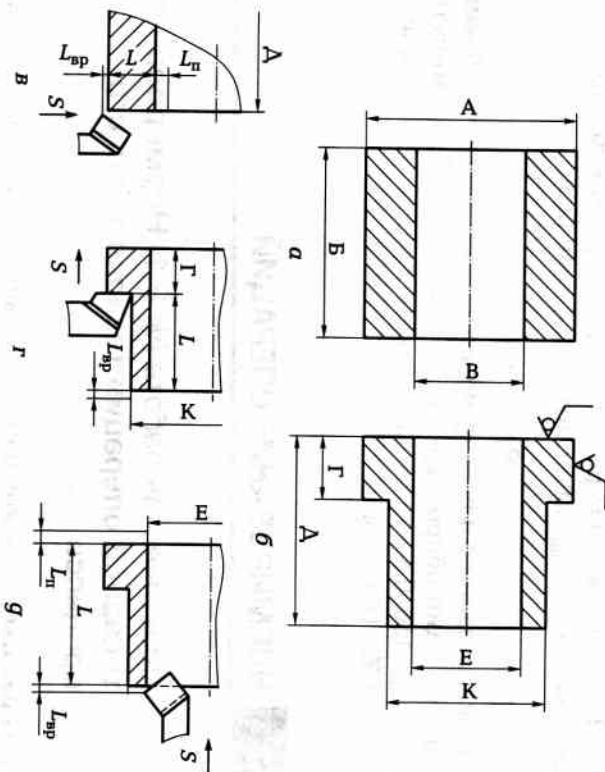


Рис. 2.6. Обтачивания поверхностей:
 а — заготовка; б — обрабатываемые поверхности; в — подрезка торца; г — обработка до упора; д — растачивание внутренней поверхности

- 3. Работа с охлаждением (СОЖ).
- 4. Масса заготовки — до 1 кг.
- 5. Материал заготовки — сталь 45 ($\sigma_s = 71 \dots 79$ МПа).

Краткие методические указания к выполнению работы

При нормировании операций технологического процесса время можно определить следующими методами:

- расчетом по отдельным элементам на основе анализа последовательности и содержания действий рабочего и станка;
 - приближенно по типовым нормам в условиях единичного и мелкосерийного производства;
 - на основе хронометража фактических затрат времени.
- Время работы состоит:
- из подготовительно-заключительного времени, которое рабочий затрачивает на подготовку рабочего места к обработке партии заготовок и приведение его в исходное состояние по окончании обработки этой партии заготовок;

Таблица 2.5. Индивидуальные варианты для выполнения практической работы № 2.1

Показатели детали и заготовки		Вариант											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Заготовка	А	Номинальный размер, мм	100	80	65	100	100	70	80	100	100	60	90
		Точность	h14	h12	h16	h13	h14	h14	h13	h14	h14	h14	h16
		Rz, мкм	80	40	80	60	80	80	60	80	80	80	80
	Б	Номинальный размер, мм	80	60	80	70	60	80	90	70	80	60	80
		Точность	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14
		Rz, мкм	80	40	80	60	80	40	80	80	60	80	80
В	Номинальный размер, мм	75	55	40	65	57	40	50	66	64	30	60	
	Точность	H14	H14	H14	H14	H14	H14	H14	H14	H14	H14	H14	
	Rz, мкм	80	80	60	40	80	40	80	60	80	40	80	
Деталь	Г	Номинальный размер, мм	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
		Точность	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	
		Rz, мкм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
	Д	Номинальный размер, мм	75	55	76	65	57	78	86	66	75	54	76
		Точность	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12
		Rz, мкм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Показатели детали и заготовки		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E	Номинальный размер, мм	80	60	45	70	62	46	55	70	70	34	64
	Точность	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12
K	Rz, мкм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Номинальный размер, мм	90	70	55	80	72	56	65	80	80	44	74
	Точность	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12
	Rz, мкм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
N, шт./год		8 000	9 000	4 000	9 000	6 000	3 000	13 000	7 000	8 000	9 000	12 000

- основного времени, затрачиваемого непосредственно на изменение формы, размеров и качества поверхности заготовки, превращая ее в деталь;
- вспомогательного времени, затрачиваемого рабочим на действия, способствующие выполнению основной работы, а именно: на установку и закрепление заготовки, снятие детали, изменение режимов работы станка, измерения и др.;
- времени обслуживания рабочего места.

Основное время зависит от режимов обработки: глубины резания, подачи и скорости резания, которые зависят в основном от свойства обрабатываемого материала, формы и жесткости заготовки, материала режущей части инструмента и мощности станка.

Число проходов зависит от величины припуска и глубины резания. Глубину резания выбирают исходя из мощности станка, жесткости заготовки и системы обработки в целом. При наличии черновой обработки целесообразно припуск снимать за один проход. При чистовой обработке глубину резания назначают в зависимости от требуемой шероховатости поверхности.

Скорость резания, м/мин, при вращении заготовки определяют по формуле

$$v = \pi Dn / 1000, \quad (2.10)$$

где D — диаметр обрабатываемой поверхности, мм; n — частота вращения заготовки, мин^{-1} .

Следует иметь в виду, что нормативные данные предусматривают усредненные значения глубины резания, подачи и скорости резания, поэтому практически их можно несколько или увеличивать, или уменьшать.

Пример выполнения практической работы (вариант № 0)

Считая, что на обработку поступают штучные заготовки в виде толстостенной трубы (см. рис. 2.6, а), прошедшие черновую обработку ($Rz 80$), составим эскизы обработки заготовки по переходам. Операция может выполняться на токарном станке или на токарно-револьверном станке. В обоих случаях будет три основных перехода:

- подрезание торца заготовки (см. рис. 2.6, в) с выдерживанием размера Д ($75h12, Rz 20$);
- точение наружной поверхности заготовки (см. рис. 2.6, г) с выдерживанием размера К ($\varnothing 90h12$) и обеспечением размера Г ($25h12, Rz 20$);

- точение внутреннего диаметра заготовки (см. рис. 2.6, г) с выдерживанием размера E ($\varnothing 80H12, Rz 20$) на длине 75 мм (размер Д).

Дальнейшую работу целесообразно проводить по следующему алгоритму, представленному в виде табл. 2.6.

Таблица 2.6. Алгоритм определения параметров токарной операции

Номер действия	Цель действия	Источник получения результата
1	Определение длины L обработки и снимаемого припуска Z	Рабочие чертежи детали и заготовки
2	Определение оборотной подачи $S_{об}$, мм/об, заготовки	Табл. П11.13
3	Определение расчетной скорости v' резания, м/мин	Табл. П11.5
4	Определение расчетного числа n' оборотов в минуту шпинделя станка	$n' = 1000v' / (\pi D)$
5	Определение фактического числа n оборотов в минуту шпинделя станка	Приложение 17
6	Определение фактической скорости v резания	$v = \pi Dn / 1000$
7	Определение минутной подачи $S_{мин}$, мм/мин	$S_{мин} = S_{об}n$
8	Определение длины $L_{вр}$ врезания и длины L_n перебега резца	Табл. П11.25
9	Определение расчетной длины L_p	$L_p = L_{вр} + L + L_n$
10	Определение основного времени t_{oi} для каждого перехода	$t_{oi} = L_{pi} / S_{iмин}$
11	Определение основного времени t_o для всей операции (i переходов)	$t_o = \sum t_{oi}$
12	Определение вспомогательного времени t_b	Табл. П9.1
13	Определение оперативного времени	$t_{оп} = t_o + t_b$
14	Определение времени $t_{т.о}$ технического обслуживания рабочего места	Табл. П9.3, $t_{т.о} = 2,5t_o / 100$

Окончание табл. 2.6

Номер действия	Цель действия	Источник получения результата
15	Определение времени t_n на физические потребности	Табл. П9.3, $t_n = 2,5t_{оп} / 100$
16	Определение времени $t_{орг}$ организационного обслуживания рабочего места	Табл. П9.3, $t_{орг} = 4,6t_{оп} / 100 - t_{т.о} - t_n$
17	Определение штучного времени $T_{шт}$	$T_{шт} = t_o + t_b + t_{орг} + t_{т.о} + t_n$
18	Определение числа $q_{парт}$ заготовок в партии при серийном производстве	$q_{парт} = 5N_n / 254$
19	Определение подготовительно-заключительного времени $t_{п-з}$	Табл. П9.4
20	Определение штучно-калькуляционного времени $t_{шт-к}$	$t_{шт-к} = T_{шт} + t_{п-з} / q_{парт}$
21	Занесение результатов расчета в операционную карту	

Определим параметры операции, используя предложенный алгоритм.

1. Длину L обработки и величину снимаемого припуска (на радиус) Z определяем по переходам, используя рис. 2.6 и табл. 2.5:

- для первого перехода: $L = 12,5$ мм, $Z = 5$ мм, 1 проход;
- для второго перехода: $L = 50$ мм, $Z = 5$ мм, 2 прохода;
- для третьего перехода: $L = 75$ мм, $Z = 2,5$ мм, 1 проход.

2. Величину подачи $S_{об}$ на один оборот заготовки определяем, используя табл. П11.12 и примечания к табл. 2.5:

- для первого перехода: $S_{об} = 0,1$ мм/об заготовки;
- для второго перехода: $S_{об} = 0,15$ мм/об заготовки;
- для третьего перехода: $S_{об} = 0,15$ мм/об заготовки.

3. Значение расчетной скорости v' резания определяем по табл. П11.5:

- для первого перехода: $v' = 130$ м/мин;
- для второго перехода: $v' = 106$ м/мин;

- для третьего перехода: $v' = 96$ м/мин.

4. Расчетное число n' оборотов в минуту шпинделя станка находим по формуле $n' = 1000v' / (\pi D)$ с учетом диаметра D обрабатываемой поверхности:

- для первого перехода: $D = 90$ мм, $n' = 460$ мин⁻¹;
- для второго перехода: $D = 90$ мм, $n' = 375$ мин⁻¹;
- для третьего перехода: $D = 80$ мм, $n' = 383$ мин⁻¹.

5. Фактическое число n оборотов в минуту шпинделя станка выбираем по паспортным данным токарно-винторезного станка (Приложение 17):

- для первого перехода: $n = 500$ мин⁻¹;
- для второго перехода: $n = 400$ мин⁻¹;
- для третьего перехода: $n = 400$ мин⁻¹.

6. Фактическую скорость v резания определим по формуле $v = \pi Dn / 1000$:

- для первого перехода: $v = 141,3$ м/мин;
- для второго перехода: $v = 113$ м/мин;
- для третьего перехода: $v = 100,5$ м/мин.

7. Минутную подачу $S_{\text{мин}}$, мм/мин, определим по формуле $S_{\text{мин}} = S_{06}n$:

- для первого перехода: $S_{\text{мин}} = 50$ мм/мин;
- для второго перехода: $S_{\text{мин}} = 60$ мм/мин;
- для третьего перехода: $S_{\text{мин}} = 60$ мм/мин.

8. Длину $L_{\text{вр}}$ врезания и длину $L_{\text{п}}$ перебега резца определим по табл. П11.25:

- для первого перехода: $L_{\text{вр}} = 5$ мм, $L_{\text{п}} = 2$ мм;
- для второго перехода: $L_{\text{вр}} = 3$ мм, $L_{\text{п}} = 2$ мм;
- для третьего перехода: $L_{\text{вр}} = 3$ мм, $L_{\text{п}} = 2$ мм.

9. Расчетную длину L_p определим по формуле $L_p = L_{\text{вр}} + L + L_{\text{п}}$:

- для первого перехода: $L_p = 5 + 12,5 + 2 = 19,5$ мм;
- для второго перехода: $L_p = 3 + 50 + 0 = 53$ мм;
- для третьего перехода: $L_p = 3 + 75 + 2 = 80$ мм.

10. Основное время t_{oi} определим по формуле $t_{oi} = L_{pi} / S_{i\text{мин}}$:

- для первого перехода: $t_{o1} = 0,39$ мин;

- для второго перехода: $t_{o2} = 0,88$ мин;

- для третьего перехода: $t_{o2} = 1,33$ мин.

11. Основное время t_o для всей операции (3 перехода) определяем по формуле $t_o = \sum t_{oi} = 0,39 + 0,88 + 1,33 = 2,6$ мин.

12. Вспомогательное время t_b на операцию определяем по табл. П9.1 с учетом установки заготовки в трехкулачковом патроне с выверкой: $t_b = 0,4$ мин.

13. Оперативное время $t_{оп}$ определяем по формуле $t_{оп} = t_o + t_b = 2,6 + 0,4 = 3$ мин.

14—16. Суммарное время на техническое и организационное обслуживание рабочего места, а также на физические потребности (табл. П9.3) при работе на токарном станке с высотой центров 400 мм составляет 5,3 % от оперативного времени, т. е. $t_{орг} + t_{т.о} + t_{п} = 5,3t_{оп}/100 = 5,3 \cdot 3/100 = 0,16$ мин.

17. Штучное время $T_{шт}$ определяем по формуле $T_{шт} = t_o + t_b + t_{орг} + t_{т.о} + t_{п} = 2,6 + 0,4 + 0,16 = 3,2$ мин.

18. Число $q_{\text{парт}}$ заготовок в партии при серийном производстве определим по формуле $q_{\text{парт}} = 5N_{п}/254 = 157,5$. Принимаем число заготовок в партии 160 шт.

19. Подготовительно-заключительное время $t_{п-з}$ определяем по табл. П9.4, $t_{п-з} = 6$ мин.

20. Штучно-калькуляционное время $t_{шт-к}$ определяем по формуле $t_{шт-к} = T_{шт} + t_{п-з}/q_{\text{парт}} = 3,2 + 6/160 = 3,3$ мин.

21. Полученные результаты расчетов при необходимости заносят в операционную карту.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 2.1

1. Что такое норма времени?
2. Назовите известные вам методы определения нормы времени.
3. Что такое штучное время?
4. На какие работы рабочий затрачивает подготовительно-заключительное время?
5. На какие работы затрачивается основное время?
6. На какие работы рабочий затрачивает вспомогательное время?
7. Назовите составляющие расчетной длины обработки.
8. По какой формуле рассчитывают требуемое число оборотов шпинделя токарного станка?
9. Каким образом учитывают подготовительно-заключительное время при нормировании операций?

Практическая работа № 2.2. Нормирование фрезерной операции технологического процесса

Цель работы — ознакомление с основными понятиями и определениями, используемыми при практическом нормировании фрезерных операций; практическое закрепление знаний по нормированию фрезерных операций; приобретение навыков и умений по расчету времени на фрезерование поверхностей.

Отчет по работе должен содержать:

- операционные эскизы обработки поверхностей на фрезерном станке;
- расчетные формулы по определению всех составляющих штучно-калькуляционного времени;
- результаты расчетов;
- выводы по работе.

Краткие методические указания к выполнению практической работы

Фрезерование применяют наиболее часто для обработки плоских поверхностей и фасонных поверхностей. Различают цилиндрическое фрезерование и торцевое фрезерование.

При цилиндрическом фрезеровании используют в основном горизонтально-фрезерные станки, на которых обрабатываемая плоскость располагается горизонтально, а ширину цилиндрической фрезы выбирают несколько больше ширины обрабатываемой поверхности.

При торцевом фрезеровании используют в основном вертикально-фрезерные станки. Этот вид фрезерования производительнее и точнее цилиндрического фрезерования. Для фрезерования широких плоскостей применяют крупные торцевые фрезы со вставными ножами — так называемые фрезерные головки. Для обработки заготовок из цветных материалов и сплавов применяют однозубые торцевые фрезы, которые обеспечивают высокую точность и малую шероховатость поверхности детали.

По величине допустимого припуска на обработку фрезерование является наиболее универсальным процессом резания. Максимальная величина припуска ограничивается мощностью станка, жесткостью заготовки и надежностью ее закрепления во фрезерном приспособлении или непосредственно на столе станка. Как правило, припуск снимают в один проход.

В зависимости от расположения шпинделя (горизонтально или вертикально) фрезерные станки бывают горизонтально-фрезерными и вертикально-фрезерными.

При обработке заготовок на горизонтально-фрезерных станках часто используют наборы из нескольких фрез, что повышает производительность обработки и дает возможность производить обработку с двух сторон заготовки, получая заданный размер за один проход.

Операцию обработки заготовки фрезерованием расчленяют на переходы и определяют основное (технологическое) время для каждого перехода, а затем, суммируя время по переходам, определяют основное время на всю операцию.

Расчет технически обоснованной нормы времени для массового производства производят по штучному времени $T_{шт} = t_o + t_b + t_{орг} + t_{т.о} + t_{п}$, а при серийном производстве используют штучно-калькуляционное время $t_{шт-к} = T_{шт} + t_{п-з} / q_{парт}$. Для определения основного времени анализируют схему фрезерования и находят расчетную длину обработки $L_p = L_{пр} + L + L_{п}$.

Основное (технологическое) время зависит от скорости резания, глубины резания и подачи. Режимы обработки зависят от материала заготовки, материала режущей части фрезы, вида фрезы, жесткости заготовки и мощности фрезерного станка. В то же время выбранные режимы обработки должны обеспечить заданную точность детали и качество ее поверхностного слоя.

Глубину резания при фрезеровании выбирают из условия обработки с наименьшим числом проходов. При черновом фрезеровании стремятся снять весь припуск за один проход. При чистовом фрезеровании глубину резания выбирают из условия требуемой шероховатости поверхности.

Скорость резания определяют по формуле $v = \pi Dn / 1000$.

По одному из вариантов задания на практическую работу (табл. 2.7 и рис. 2.7):

- рассчитать основное (технологическое) время на обработку поверхностей заготовки в одну операцию;
- определить по нормативам вспомогательное и подготовительно-заключительное время на операцию;
- рассчитать время на организационное и техническое обслуживание рабочего места;
- определить расчетную норму времени на выполнение операции;
- составить выводы по работе.

Пример выполнения работы (вариант № 0).

Считая, что на обработку поступают штучные заготовки (рис. 2.7, а), прошедшие черновую обработку (Rz 80), составим эскиз обработки заготовки в один установ в трех позициях (рис. 2.7, б) так как предполагается использование приспособления для детали с делительным устройством.

Операция может выполняться на горизонтально-фрезерном станке с использованием блока из двух фрез, настроенных на требуемый размер E. В этом случае будет три равноценных основных перехода «Фрезеровать заготовку (см. рис. 2.7, б), выдерживая размер E (34h14, Rz 20)» с поворотом заготовки на 60° после каждого перехода.

Все расчеты целесообразно проводить в последовательности, представленной в табл. 2.8.

Годовая программа выпуска деталей (15 000 шт.) предполагает серийное производство, при котором заготовки на обработку подаются партиями, а обрабатывают их как правильно без переналадки станка. Число деталей в партии

$$Q_{\text{пар}} = (N/\Delta) f$$

где N — годовая программа выпуска деталей (15 000 шт.); Δ — число рабочих дней в году (254 — при двух выходных); f — количество рабочих дней, на которые разрешено иметь незавершенное производство (принимаем 5 дней).

Тогда $Q_{\text{пар}} = (15\,000/254) \cdot 5 = 295$ шт. Принимаем $Q_{\text{пар}} = 300$ заготовок.

Подача при фрезеровании может задаваться одним из трех параметров:

- 1) подача на один зуб фрезы S_z , мм/зуб;

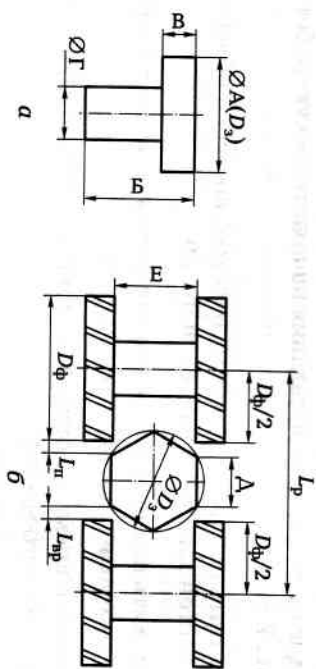


Рис. 2.7. Схема фрезерования в три перехода:

а — заготовка; б — схема обработки

Таблица 2.7. Индивидуальные варианты для выполнения практической работы № 2.2

Показатели детали и заготовки		Вариант											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Заготовка	А	Номинальный размер, мм	40	50	55	40	50	60	40	60	50	50	40
		Точность	h14	h15	h16	h13	h14	h14	h13	h14	h14	h14	h16
		Rz, мкм	80	40	80	60	80	80	60	80	80	80	80
	Б	Номинальный размер, мм	60	60	80	70	60	80	90	70	80	60	80
		Точность	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14
		Rz, мкм	80	40	80	60	80	40	80	80	60	80	80
	В	Номинальный размер, мм	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
		Точность	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14
		Rz, мкм	80	80	60	40	80	40	80	60	80	40	80
Г	Номинальный размер, мм	20	30	35	20	30	40	20	40	30	30	20	
	Точность	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14	
	Rz, мкм	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	
Деталь	Д	Номинальный размер, мм	20	25	27	20	25	30	20	30	25	25	20
		Точность	Js16	Js16	Js16	Js16	Js16	Js16	Js16	Js16	Js16	Js16	Js16
		Rz, мкм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Показатели детали и заготовки			Вариант										
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Деталь	E	Номинальный размер, мм	34	42	46	34	42	50	34	50	42	42	34
		Точность	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14	h14
		Rz, мкм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
N, шт./год			15 000	9 000	4 000	9 000	6 000	3 000	13 000	7 000	8 000	9 000	12 000
Диаметр фрезы D_{ϕ} , мм			80	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Количество вставных ножей, шт.			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

- Примечания: 1. Материал заготовки — сталь 45 ($\sigma_s = 71 \dots 79$ МПа).
 2. Материал вставных ножей фрезы — P9.
 3. Работа с охлаждением (СОЖ).
 4. Масса заготовки — до 1 кг.

Таблица 2.8. Последовательность действий при определении параметров фрезерной операции

Номер действия	Цель действия	Источник получения результата
1	Выбор способа определения вида производства	Годовая программа выпуска деталей N_{Π}
2	Выбор алгоритма для определения числа $q_{\text{парт}}$ заготовок в партии при серийном производстве	$q_{\text{парт}} = 5N_{\Pi}/254$

3	Выбор алгоритма для расчета штучно-калькуляционного времени $t_{\text{шт-к}}$	$t_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + t_{\text{п-з}}/q_{\text{парт}}$
4	Выбор алгоритма для расчета штучного времени $T_{\text{шт}}$	$T_{\text{шт}} = t_0 + t_n + t_{\text{орг}} + t_{\text{т.о}} + t_{\text{п}}$
5	Выбор алгоритма для расчета основного (технологического) времени t_0	$t_0 = L_p i / (S_{\text{мин}} a)$
6	Выбор алгоритма для определения расчетной длины L_p	$L_p = L_{\text{вр}} + L + L_{\text{п}}$
7	Выбор алгоритма для определения длины L обработки и снимаемого припуска Z	Схема фрезерования и эскиз заготовки (см. рис. 2.7)
8	Выбор алгоритма для определения длины $L_{\text{вр}}$ врезания и длины $L_{\text{п}}$ перебега резца	Схема фрезерования (см. рис. 2.7, б)
9	Выбор алгоритма для определения расчетной длины L_p	$L_p = L_{\text{вр}} + L + L_{\text{п}}$
10	Выбор способа определения подачи S_z на один зуб фрезы	Табл. П11.5
11	Выбор способа определения скорости v резания	Табл. П11.5
12	Выбор алгоритма для определения расчетного числа n' оборотов	$n' = 1000v / (\pi D_{\phi})$
13	Выбор способа определения фактического числа n оборотов	Паспортные данные фрезерного станка
14	Выбор алгоритма для определения подачи S_{06} на один оборот фрезы	$S_{06} = S_z z$
15	Выбор алгоритма для расчета минутной подачи	$S_{\text{мин}} = S_{06} n$

Номер действия	Цель действия	Источник получения результата
16	Выбор алгоритма для определения основного времени t_{oi} для одного перехода	$t_{oi} = L_{pi} / S_{мин}$
17	Выбор алгоритма для определения основного времени t_o для всей операции (3 перехода)	$t_o = 3t_{oi}$
18	Выбор способа определения вспомогательного времени t_b на операцию	Табл. П9.2
19	Выбор алгоритма для определения оперативного времени	$t_{оп} = t_o + t_b$
20	Выбор способа определения времени $t_{т.о}$ технического обслуживания рабочего места	Табл. П9.3
21	Выбор способа определения времени t_n на физические потребности	Табл. П9.3
22	Выбор способа определения времени $t_{орг}$ организационного обслуживания рабочего места	Табл. П9.3
23	Выбор алгоритма для определения штучного времени $T_{шт}$	$T_{шт} = t_o + t_b + t_{оп} + t_{т.о} + t_n$
24	Заполнение соответствующих граф операционной карты	

2) подача на один оборот фрезы $S_{об}$, мм/об, $S_{об} = S_z Z$ (Z — число зубьев);

3) минутная подача $S_{мин}$ (мм/мин), $S_{мин} = S_{об} l$ (l — число оборотов в минуту).

Величина подачи при черновом фрезеровании зависит:

- от материала заготовки;
- материала режущей части фрезы;
- мощности фрезерного станка;
- жесткости элементов системы обработки;
- размеров и углов заточки фрезы.

Рекомендуемые подачи на зуб при черновом фрезеровании плоскостей фрезами из твердого сплава составляют 0,2...0,3 мм/зуб при ширине заготовки до 30 мм.

Величина подачи при чистовом фрезеровании зависит, прежде всего, от требуемой шероховатости обрабатываемой поверхности. Рекомендуемые подачи на зуб при чистовом фрезеровании плоскостей фрезами из твердого сплава при ширине заготовки до 30 мм составляют 0,15 мм/зуб.

Подачу S_z на один зуб фрезы назначаем 0,1 мм/зуб (табл. П11.5). Скорость резания при использовании фрезы 75/8 для снятия припуска 3 мм шириной 15 мм должна быть 54 м/мин (табл. П11.5).

Расчетное число оборотов $n' = 1000v / (\pi D_f) = 1000 \cdot 54 / (3,14 \cdot 75) = 229 \text{ мин}^{-1}$. Фактическое число оборотов по паспортным данным горизонтально-фрезерного станка составит 250 мин^{-1} . Продольная подача на один оборот фрезы $S_{об} = S_z Z = 0,1 \cdot 8 = 0,8 \text{ мм/об}$. Минутная подача $S_{мин} = S_{об} l = 0,8 \cdot 250 = 200 \text{ мм/мин}$.

Расчетную длину L_p обработки, т. е. полную длину перемещения фрезы с учетом врезания и перебега, получим из анализа схемы фрезерования (см. рис. 2.7, б)

$$L_p = D_{\phi}/2 + L_{пр} + A + L_n + D_{\phi}/2 = 40 + 3 + 20 + 3 + 40 = 106 \text{ мм.}$$

Основное время для одного перехода $t_{oi} = L_{p,i} / (S_{мин} d)$. Число переходов i зависит от величины припуска. Припуск на сторону $Z = (D_3 - E)/2 = (A - E)/2 = 3 \text{ мм}$. Снимать этот припуск можно за один проход ($i = 1$). Число одновременно обрабатываемых заготовок $a = 1$. Тогда $t_{oi} = 106 \cdot 1 / (200 \cdot 1) = 0,53 \text{ мин}$. Так как операция выполняется за один установ, но при трех позициях заготовки, то она состоит из трех одинаковых основных переходов. Тогда основное время на всю операцию $t_o = 3t_{oi} = 3 \cdot 0,53 = 1,59 \text{ мин}$.

Вспомогательное время назначаем из условия, что зажимное устройство будет иметь механизированный привод. По табл. П9.2 для заготовки массой до 3 кг $t_b = 0,09$ мин.

Оперативное время, повторяющееся при обработке каждой заготовки, определим по формуле $t_{оп} = t_o + t_b = 1,59 + 0,09 = 1,68$ мин.

Для определения времени, требуемого на обслуживание рабочего места и на физические потребности, воспользуемся табл. П9.3 и найдем суммарное время технического и организационного обслуживания, а также на физические потребности. При работе на горизонтально-фрезерном станке с длиной стола 1000 мм $t_{орг} + t_{т.о} + t_{п} = 4t_{оп}/100 = 4 \cdot 1,68/100 = 0,07$ мин.

Таким образом, штучное время

$$T_{шт} = t_o + t_b + t_{орг} + t_{т.о} + t_{п} = 1,59 + 0,09 + 0,07 = 1,75 \text{ мин.}$$

В серийном производстве для настройки станка и подготовки рабочего места к началу работы (ознакомление с операционным эскизом, получение инструмента, проверка настройки станка) необходимо время $t_{п-з}$, называемое подготовительно-заключительным. Назначают это время по нормативам (табл. П9.5). Применительно к длине фрезерного стола 1000 мм с использованием цангового патрона с делительным приспособлением находим, что $t_{п-з} = 11$ мин. Разделив данное время на число деталей в партии, найдем время, приходящееся на одну деталь, т. е. $t_{п-з}/q_{парт} = 10/300 = 0,033$ мин. Величина этого времени будет учтена при расчете штучно-калькуляционного времени. Штучно-калькуляционное время вычислим по формуле $t_{шт-к} = T_{шт} + t_{п-з}/q_{парт} = 1,75 + (11/300) = 1,79$ мин.

Все результаты расчетов приведены в табл. 2.9 и при необходимости их можно занести в соответствующие графы операционной карты.

Таблица 2.9. Результаты определения параметров фрезерной операции

Номер действия	Цель действия	Полученный результат
1	Определение вида производства	Серийное
2	Определение числа $q_{парт}$ заготовок в партии при серийном производстве	$q_{парт} = 300$ шт.
3	Определение подачи S_z на один зуб фрезы	0,1 мм/зуб

Номер действия	Цель действия	Полученный результат
4	Определения скорости v резания	$v = 54$ м/мин
5	Определение расчетного числа n' оборотов	$n' = 229$ мин ⁻¹
6	Определение фактического числа n оборотов	$n = 250$ мин ⁻¹
7	Определение подачи $S_{об}$ на один оборот фрезы	$S_{об} = 0,8$ мм/об
8	Определение минутной подачи $S_{мин}$	$S_{мин} = 200$ мм/мин
9	Определение длины L обработки и снимаемого припуска Z	$L = 100$ мм $Z = 3$ мм
10	Определение длины $L_{вр}$ врезания и длины $L_{п}$ перебега резца	$L_{вр} = 3$ мм; $L_{п} = 3$ мм
11	Определение расчетной длины L_p обработки	$L_p = 106$ мм
12	Расчет основного времени t_{oi} для одного перехода	$t_{oi} = 0,53$ мин
13	Расчет основного времени t_o для всей операции	$t_o = 1,59$
14	Определение вспомогательного времени t_b	$t_b = 0,09$ мин
15	Определение оперативного времени $t_{оп}$	$t_{оп} = 1,68$ мин
16	Определение времени на обслуживание рабочего места $t_{орг}$, $t_{т.о}$ и физиологические потребности $t_{п}$	$t_{орг} + t_{т.о} + t_{п} + t_{оп} = 0,07$ мин
17	Определение штучного времени $T_{шт}$	$T_{шт} = 1,75$ мин
18	Определение подготовительно-заключительного времени $t_{п-з}$	$t_{п-з} = 11$ мин
19	Определение штучно-калькуляционного времени $t_{шт-к}$	$t_{шт-к} = 1,79$ мин
20	Занесение результатов расчета в операционную карту	

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 2.2

1. Какие схемы фрезерования применяют наиболее часто?
2. Назовите составляющие штучного времени.
3. По какой формуле определяют подачу на один оборот фрезы?
4. По какой формуле определяют скорость резания?
5. На какие работы затрачивается время обслуживания?
6. Почему при серийном производстве выгодно заготовки подавать на обработку небольшими партиями?
7. По какой формуле при серийном производстве рассчитывают партию заготовок, одновременно подаваемых на обработку?

Практическая работа № 2.3. Нормирование шлифовальной операции технологического процесса

Цель работы — ознакомление с основными понятиями и определениями, используемыми при практическом нормировании шлифовальных операций; практическое закрепление знаний по нормированию шлифовальных операций; приобретение навыков и умений по расчету времени на шлифование поверхностей различными методами.

Отчет по практической работе должен содержать:

- операционные эскизы обработки поверхностей на шлифовальных станках;
- расчетные формулы по определению всех составляющих штучно-калькуляционного времени;
- результаты расчетов;
- выводы по работе.

Краткие методические указания к выполнению практической работы

Затраты рабочего времени при шлифовании подразделяются на время работы и время перерывов. Время работы состоит из оперативного времени (суммы основного и вспомогательного времени), подготовительно-заключительного времени и времени обслуживания рабочего места.

Основное (технологическое) время при шлифовании в основном является машинным или машинно-ручным. Оно затрачивается непосредственно на изменение формы, размеров и состояния по-

верхностного слоя заготовки, т. е. непосредственно на шлифование поверхностей заготовки.

Вспомогательное время рабочий затрачивает на установку и закрепление заготовки, раскрепление и снятие детали, пуск и остановку станка, изменение режимов обработки и измерения. Определяют необходимое вспомогательное время по нормативам.

Оперативное время складывается из основного и вспомогательного времени. Это время затрачивается при обработке каждой заготовки.

Время, затрачиваемое на уход за рабочим местом в течение всей работы, складывается из времени организационного обслуживания и времени технического обслуживания на переналадку станка, смену и заточку режущего инструмента.

В серийном производстве, когда на обработку заготовки подают партией (несколько штук), назначают подготовительно-заключительное время на всю партию заготовок и рассчитывают штучно-калькуляционное время по формуле

$$t_{шт-к} = t_o + t_b + t_{орг} + t_{т.о} + t_n + t_{п-з}/q_{парт} \quad (2.11)$$

где t_o — основное время; t_b — вспомогательное время; $t_{орг}$ — время организационного обслуживания; $t_{т.о}$ — время технического обслуживания; t_n — время на физические потребности; $t_{п-з}$ — время подготовительно-заключительное; $q_{парт}$ — число деталей в партии.

Основное (технологическое) время зависит от режимов шлифования и метода шлифования, т. е. от величины припуска, подачи и скорости резания. На режимы обработки влияет материал обрабатываемой заготовки, жесткость заготовки, вид абразивного инструмента и форма его режущей части, мощность станка, на котором выполняется операция шлифования. Кроме того, при выборе режимов шлифования необходимо обеспечить требуемую точность обрабатываемой поверхности и качество ее поверхностного слоя.

Глубину резания при шлифовании выбирают из условия меньшего числа проходов при наименьшей получаемой шероховатости поверхности и наибольшей достигаемой точности.

Скорость резания при шлифовании ограничена прочностью шлифовального круга, т. е. предельно допустимой скоростью вращения абразивного круга. Действительная скорость вращения абразивного круга определяется наружным диаметром этого круга и числом оборотов шпинделя шлифовального станка. Скорость резания при шлифовании кругами нормальной прочности находится в пределах 30...35 м/с, а при шлифовании высокопрочными кругами скорость резания может достигать до 50 м/с. При шлифовании внутренних

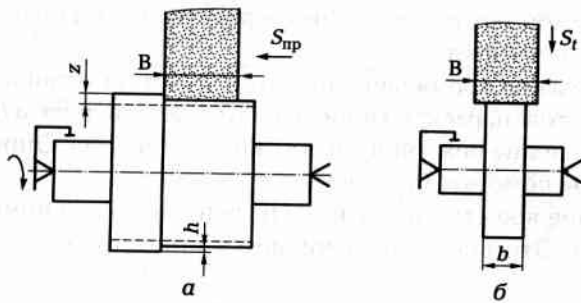


Рис. 2.8. Шлифование наружной цилиндрической поверхности:
 а — методом продольной подачи; б — методом врезания

цилиндрических поверхностей (отверстий) диаметр абразивного круга не должен превышать 0,75 диаметра обрабатываемого отверстия. Скорость резания в этом случае незначительная.

Шлифование поверхностей может осуществляться двумя методами, отличающимися способом подачи абразивного круга:

- методом продольной подачи;
- методом врезания.

При шлифовании методом продольной подачи (рис. 2.8, а) глубина резания h составляет 0,001...0,020 мм, что зависит от материала обрабатываемой заготовки, требуемой точности и шероховатости поверхности. Припуск Z снимают за несколько проходов. Продольная подача $S_{пр}$ при этом задается в долях S_B ширины B абразивного круга на один оборот заготовки. Частота вращения (n , мин⁻¹) заготовки ограничена возможным засаливанием абразивного круга и составляет 15...60 мин⁻¹. Применяют доводку шлифуемой поверхности, при которой шлифование продолжают без подачи на глубину (холостые ходы). Коэффициент доводки k показывает соотношение общего числа ходов к числу рабочих ходов и может находиться в пределах 1,2...1,5.

При шлифовании методом врезания (рис. 2.8, б) поперечная подача S_t на один оборот заготовки составляет 0,001...0,005 мм. При этом ширина B абразивного круга должна быть несколько больше ширины b шлифуемой поверхности.

Операции обработки заготовки на шлифовальном станке расчленяют на переходы и определяют основное (технологическое) время t_0 на каждый переход по следующим формулам:

при круглом шлифовании методом врезания

$$t_0 = hk/(nt), \quad (2.12)$$

при круглом шлифовании методом продольной подачи

$$t_0 = Lhk/(BS_Bnt), \quad (2.13)$$

где L — длина хода стола; h — припуск на сторону; k — коэффициент доводки; B — ширина абразивного круга; S_B — величина доли ширины круга; n — скорость вращения заготовки, мин⁻¹; t — поперечная подача абразивного круга или глубина шлифования.

Задание

По одному из вариантов задания на практическую работу (табл. 2.10 и рис. 2.9) рассчитать время, необходимое для выполнения шлифовальной операции по обработке цилиндрической поверхности $\varnothing B$ ($c11$, Ra 1,2) методом продольной подачи и цилиндрической поверхности $\varnothing B$ ($c11$, Ra 2,5) методом врезания.

Пример выполнения работы (вариант № 0)

Годовая программа (9 000 шт.) выпуска деталей предполагает серийное производство. Число $q_{парт}$ заготовок в партии, одновременно подаваемых на обработку рассчитаем по формуле

$$q_{парт} = (N/\Delta)f, \quad (2.14)$$

где N — годовая программа выпуска деталей (9 000 шт.); Δ — число рабочих дней в году (254 — при двух выходных); f — количество рабочих дней, на которые разрешено иметь незавершенное производство (принимаем 5 дней).

Тогда $q_{парт} = (9\,000/254) \cdot 5 = 177$ шт. Принимаем $q_{парт} = 180$ заготовок. Принимаем решение шлифовать поверхности заготовки в две операции:

- поверхность $\varnothing M$ — методом продольной подачи;
- поверхность $\varnothing K$ — методом врезания.

Так как шлифование поверхности $\varnothing M$ производится методом продольной подачи, то для получения шероховатости Ra 1,2 требуется продольная подача $S_{пр} = S_B B$ ($S_B = 0,2...0,3$, табл. П11.17). Тогда для абразивного круга шириной $B = 40$ мм $S_{пр} = 0,2 \cdot 40 = 8$ мм/об заготовки.

Для диаметра шлифуемой поверхности $D = 60$ мм при скорости вращения заготовки 12 м/мин и продольной подаче 8 мм/об подача S_t на глубину на ход стола должна быть 0,002 мм (табл. П11.18).

Расчетное число оборотов n' заготовки при скорости вращения $v = 12$ м/мин $n' = 1\,000v/(\pi D) = 63,7$ мин⁻¹. Принимаем фактическое число оборотов $n = 80$ мин⁻¹ (Приложение 17). Для определения

Таблица 2.10. Индивидуальные варианты для выполнения практической работы № 2.3

Показатели детали и заготовки			Вариант										
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Заготовка	А	Номинальный размер, мм	20	22	24	20	20	24	20	20	22	20	26
		Номинальный размер, мм	61	61	64	60	61	62	71	61	81	61	65
	Б	Точность	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12
		Ra, мкм	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	В	Номинальный размер, мм	51	52	51	54	51	48	51	54	52	56	50
		Точность	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12
		Ra, мкм	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	Г	Номинальный размер, мм	20	30	35	20	30	30	20	15	30	30	20
	Д	Номинальный размер, мм	12	16	18	14	16	22	26	20	18	12	19
		Точность	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14
	Е	Номинальный размер, мм	8	8	10	6	9	5	8	6	8	4	6
	Ж	Номинальный размер	100	120	160	150	140	160	170	180	120	160	180
	З	Номинальный размер, мм	40	60	80	40	70	60	80	90	40	80	90
		Точность	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14

Деталь	М	Номинальный размер, мм	60	60	63	59	60	61	70	60	80	60	64
		Точность	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11
		Ra, мкм	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	К	Номинальный размер, мм	50	51	50	53	50	47	50	53	51	55	49
		Точность	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	О	Номинальный размер, мм	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		Точность	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14
	Р	Номинальный размер, мм	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
		Точность	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14
	N, шт./год		9000	9000	4000	9000	6000	3000	13000	7000	8000	9000	12000
	Ширина абразивного круга, мм		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

Примечание. Масса заготовки — до 1 кг.

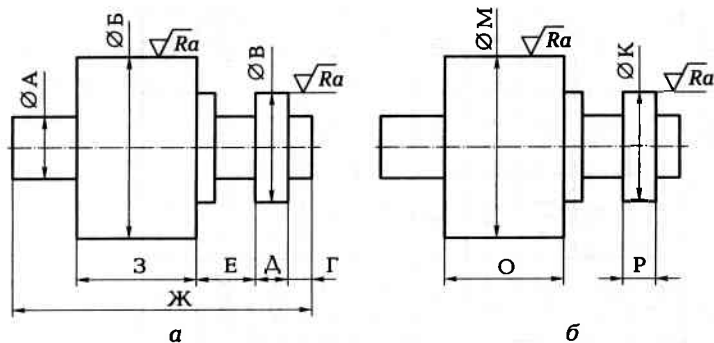


Рис. 2.9. Эскиз обрабатываемой детали:
а — размеры заготовки; б — размеры детали

основного времени по формуле (2.13) необходимо определить длину хода стола L , используя табл. П11.26:

$$L = l - (1 - 2m)B = 60 - (1 - 2 \cdot 0,3) \cdot 40 = 44 \text{ мм.}$$

Тогда $t_o = 44 \cdot 0,5 \cdot 1,3 / (40 \cdot 0,2 \cdot 80 \cdot 0,002) = 22,3$ мин.

Вспомогательное время по табл. П9.1 для случая установки заготовки массой до 1 кг в центрах с хомутиком $t_b = 0,35$ мин.

Оперативное время $t_{оп} = t_o + t_b = 22,3 + 0,35 = 22,7$ мин.

Время технического обслуживания составляет 3% от основного времени, т.е. $t_{т.о} = 3t_o / 100 = 3 \cdot 22,3 / 100 = 0,7$ мин.

Время организационного обслуживания составляет 3% от оперативного времени, т.е. $t_{орг} = 3t_{оп} / 100 = 3 \cdot 22,7 / 100 = 0,7$ мин.

Время на физические потребности при работе на круглошлифовальном станке с высотой центров до 150 мм с установкой заготовки определим по табл. П9.6 в виде 1,7% от оперативного времени, т.е. $t_n = 1,7t_{оп} / 100 = 0,4$ мин.

Подготовительно-заключительное время при работе на круглошлифовальных станках с высотой центров до 150 мм с установкой заготовки в центрах $t_{п-з} = 7$ мин (табл. П9.6).

Штучно-калькуляционное время на партию заготовок 180 шт. определим по формуле (2.11):

$$t_{шт-к} = t_o + t_b + t_{орг} + t_{т.о} + t_n + t_{п-з} / q_{парт} = 22,3 + 0,35 + 0,7 + 0,7 + 0,4 + 7 / 180 = 24,5 \text{ мин.}$$

Рассчитанные параметры операции шлифования наружной цилиндрической поверхности можно занести в соответствующие графы операционной карты.

Так как шлифование поверхности $\varnothing К$ ($\varnothing 50с11, Ra 2,5$) производится методом врезания, то по табл. П11.9 находим для шлифуемого диаметра 50 мм и длине шлифования 12 мм скорость вращения заготовки $v = 18$ м/мин, а расчетное число n' оборотов заготовки $n' = 1000v / (\pi D) = 115 \text{ мин}^{-1}$. Принимаем за фактическое число оборотов $n = 120 \text{ мин}^{-1}$.

По этой же табл. П11.9 находим, что поперечная подача абразивного круга для рассмотренных ранее условий должна быть 0,003 мм/об заготовки.

Основное время определим по формуле (2.12):

$$t_o = hk / (nt) = 0,5 \cdot 1,2 / (120 \cdot 0,003) = 1,7 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время по табл. П9.1 для случая установки заготовки массой до 1 кг в центрах с хомутиком $t_b = 0,35$ мин.

Оперативное время $t_{оп} = t_o + t_b = 1,7 + 0,35 = 2,05$ мин.

Время технического обслуживания составляет 3% от основного времени, т.е. $t_{т.о} = 3t_o / 100 = 3 \cdot 1,7 / 100 = 0,05$ мин.

Время организационного обслуживания составляет 3% от оперативного времени, т.е. $t_{орг} = 3t_{оп} / 100 = 3 \cdot 1,7 / 100 = 0,06$ мин.

Время на физические потребности при работе на круглошлифовальном станке с высотой центров до 150 мм с установкой заготовки определим по табл. П9.6 в виде 1,7% от оперативного времени, т.е. $t_n = 1,7t_{оп} / 100 = 0,03$ мин.

Подготовительно-заключительное время при работе на круглошлифовальных станках с высотой центров до 150 мм с установкой заготовки в центрах $t_{п-з} = 7$ мин (табл. П9.6).

Штучно-калькуляционное время на партию заготовок 180 шт. определим по формуле (2.11):

$$t_{шт-к} = t_o + t_b + t_{орг} + t_{т.о} + t_n + t_{п-з} / q_{парт} = 1,7 + 0,35 + 0,06 + 0,05 + 0,03 + 7 / 180 = 2,23 \text{ мин.}$$

Рассчитанные параметры операции шлифования наружных цилиндрических поверхностей ($\varnothing М$ и $\varnothing К$), состоящей из двух основных переходов, можно занести в соответствующие графы операционной карты.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 2.3

1. Назовите два основных метода шлифования.
2. Изобразите схему наружного круглого шлифования методом продольной подачи.

3. Изобразите схему наружного круглого шлифования методом врезания.
4. На что тратится оперативное время?
5. Чем ограничивается скорость резания при шлифовании?
6. Что такое коэффициент доводки?
7. В каких единицах задают продольную и поперечную подачу при круглом наружном шлифовании?
8. Каково соотношение диаметров обрабатываемого отверстия и абразивного круга при внутреннем шлифовании?

2.3. РАЗРАБОТКА ОПЕРАЦИЙ

При проектировании технологического процесса изготовления детали или сборки изделия технолог решает двуединую задачу. С одной стороны, ему необходимо обеспечить выполнение всех требований рабочего чертежа и технических условий на изготовления изделия, а с другой — необходимо обеспечить выполнение годовой программы выпуска изделий с высокими экономическими показателями, т. е. с низкой себестоимостью технологических операций.

Начинается разработка (или проектирование) технологического процесса изготовления детали с изучения исходных данных для проектирования, основными из которых являются:

- рабочий чертеж детали;
- технические условия на изготовление;
- производственная программа выпуска изделий;
- нормативные, справочные и заводские материалы;
- чертеж заготовки.

При этом необходимо полностью выполнить требования по достижению заданного качества поверхностного слоя готовой детали и точности ее поверхностей, а также достичь наименьшей себестоимости операции и наивысшей производительности с учетом реальных производственных условий.

Заканчивается разработка технологического процесса изготовления детали заполнением операционных карт, для чего необходимо провести разработку всех операций этого процесса, т. е. спроектировать все операции технологического процесса.

В процессе разработки конкретной операции технологического процесса необходимо решить следующие задачи:

- выбрать технологическое оборудование, т. е. станок (или установку) на котором будет обрабатываться заготовка;

- выбрать приспособление для детали;
- выбрать режущий инструмент;
- выбрать измерительный инструмент;
- назначить режимы резания на все основные переходы;
- определить время на основные переходы и на всю операцию.

Выбор станка. Для успешной разработки операции необходимо располагать заводскими данными используемого оборудования, а именно паспортными данными каждого станка, имеющегося в каталоге предприятия, техническим состоянием этих станков и их технологическими возможностями.

Выбор приспособления для детали во многом определяется видом производства и производственной программой выпуска изделий. Так, например, в мелкосерийном и единичном производстве используют универсальные приспособления, являющиеся принадлежностью станка (трехкулачковый патрон, делительная головка, тиски, набор цанг и др.). При необходимости проектирования и изготовления специального станочного приспособления для детали проводят экономические расчеты, которые покажут эффективность использования конкретного приспособления в зависимости от числа заготовок, обработанных с использованием данного приспособления.

Выбор режущего инструмента. Технолог должен стремиться использовать только стандартный режущий инструмент (резцы, фрезы, сверла, абразивные круги и др.). Однако в ряде случаев применение специального режущего инструмента экономически оправдывается. В таких случаях предусматривают время на проектирование и изготовление специального режущего инструмента, например протяжки для обработки внутренних прямоугольных или эвольвентных шлицов.

Выбор измерительного инструмента. В единичном производстве используют универсальные измерительные средства, например штангенинструменты, микрометрические инструменты и штативы или стойки с индикаторами часового типа. В серийном и массовом производстве используют специальные калибры, шаблоны, специальные приборы для определения погрешностей взаимного положения поверхностей и др.

Назначение режимов резания на все основные переходы. К режимам резания относят следующие параметры:

- глубина резания, мм;
- подача, например, мм/об, заготовки;

- скорость резания, м/мин;
- частота вращения шпинделя, мин⁻¹.

Перечисленные параметры выбирают в зависимости от материала обрабатываемой заготовки, материала режущего инструмента и требований к обработанной поверхности (шероховатости, наклепа и др.).

Выбирают режимы резания в определенной очередности:

1. Назначают глубину резания в зависимости от припуска на обработку и числа проходов.
2. Выбирают тип и размеры режущего инструмента.
3. Определяют расчетную подачу в зависимости от параметров режущего инструмента, параметров станка и параметров поверхности детали после обработки, а затем выбирают ближайшее значение по паспорту станка.
4. Определяют расчетную, а затем действительную частоту вращения шпинделя станка.

Практическая работа № 2.4. Разработка круглошлифовальной операции технологического процесса

Цель работы — ознакомиться с методикой разработки круглошлифовальной операции; определить основные параметры шлифовальной операции; назначить режимы обработки; выбрать необходимое техническое обеспечение операции; определить основное время на выполнение операции, штучно-калькуляционное время; приобрести практические навыки и умения по разработке операции механической обработки заготовки.

Отчет по практической работе должен содержать:

- операционные эскизы обработки поверхностей на шлифовальном станке;
- расчетные формулы по определению параметров операции;
- результаты расчетов;
- правильно оформленную операционную карту;
- выводы по работе.

Краткие методические указания к выполнению практической работы

Тип шлифовального станка определяется выбранным методом шлифования. Различают следующие методы шлифования:

- круглое наружное шлифование;
- внутреннее шлифование;
- бесцентровое шлифование;
- плоское шлифование периферией круга;
- плоское шлифование торцем круга.

Выбор метода шлифования определяется формой обрабатываемой заготовки, обрабатываемыми поверхностями этой заготовки, требуемой точностью обработки, требуемой шероховатостью поверхности детали и др. Наиболее часто используют плоскошлифовальные, круглошлифовальные и внутришлифовальные станки (Приложение 17).

Приспособления для детали, применяемые наиболее часто при шлифовании, приведены в табл. П10.4.

Режущим инструментом при шлифовании являются различного вида шлифовальные (абразивные) круги, которые различают по виду и размерам содержащегося в них абразивного материала. Скрепляются абразивные зерна при помощи связки. Связка влияет на степень износа абразивного круга и на параметры шероховатости обрабатываемой поверхности. Различают связки:

- керамические (К);
- бакелитовые (Б);
- вулканитовые (В);
- металлические (М);
- органические (О) и др.

Шлифовальные круги имеют различную степень твердости, под которой понимают сопротивляемость нарушению сцепления между абразивными зёрнами и связкой при сохранении заданных характеристик абразивного инструмента. Существует следующая шкала степеней твердости абразивного инструмента:

- ВМ1, ВМ2 — весьма мягкий;
- М1, М2, М3 — мягкий;
- СМ1, СМ2 — среднемягкий;
- С1, С2 — средний;
- СТ1, СТ2, СТ3 — среднетвердый;
- Т1, Т2 — твердый;
- ВТ — весьма твердый;
- ЧТ — чрезвычайно твердый.

Круги с определенной связкой и твердостью имеют свои области применения, часть из которых представлена в табл. 2.11.

Таблица 2.11. Области применения абразивного инструмента

Степень твердости или вид связки абразивного круга	Область применения
M2, CM2	Плоское шлифование торцом круга
Бакелитовые (Б)	Шлифование периферией круга
	Шлифование закаленных стальных заготовок
CM2, C2	Шлифование резьбы с крупным шагом
	Круглое, бесцентровое и профильное шлифование заготовок из чугуна, закаленных легированных сталей и сплавов, закаленных углеродистых сталей
CT2, T2	Обдирочное шлифование
	Предварительное шлифование
	Шлифование профильных поверхностей
	Шлифование прерывистых поверхностей
	Хонингование закаленных сталей

Режимы резания при шлифовании назначают по справочным таблицам с учетом характеристик абразивного круга. После пробного шлифования в конкретных производственных условиях характеристики круга могут уточняться.

Основными параметрами режимов резания при шлифовании являются:

- скорость v_3 , м/мин, вращения (или перемещения) заготовки;
- глубина t , мм/ход, шлифования — это слой материала, снимаемый с заготовки периферией или торцом абразивного круга в результате поперечной подачи за каждый ход (или двойной ход) стола шлифовального станка при круглом или плоском шлифовании, а также в результате поперечной подачи при врезном шлифовании;
- продольная подача $S_{пр}$ (мм/об заготовки или мм/ход стола) — это перемещение шлифовального круга вдоль оси на один обо-

рот заготовки при круглом шлифовании или на один ход стола при плоском шлифовании периферией круга.

Основное (машинное) время t_{oi} по переходам и t_o на всю операцию определяют расчетным путем в зависимости от метода шлифования.

Задание

По одному из вариантов задания на практическую работу (табл. 2.12 и рис. 2.10, а) разработать шлифовальную операцию и полностью заполнить операционную карту.

Пример выполнения работы (вариант № 0)

Из анализа чертежа заготовки (см. рис. 2.10, а), поступающей на шлифовальную операцию, и требуемых параметров поверхностей после шлифования (см. табл. 2.11, вариант № 0) принимаем решение, что предстоит круглое наружное шлифование с продольной подачей. Припуск на сторону составляет 0,3 мм (Б—М), параметр шероховатости Ra 1,2 мкм, получаемый размер после шлифования $\varnothing 60_{-0,14}^{+0,14}$ (Приложение 5).

Выбор станка. Шлифование поверхности М можно выполнять на круглошлифовальном станке 3М131, основные данные которого приведены в Приложении 17.

Выбор приспособления. Так как заготовка имеет центровые отверстия, то для ее базирования в зоне обработки станка можно использовать неподвижные центры, а крутящий момент от шпинделя станка к заготовке передавать с помощью поводка и хомутика. Эскиз обработки заготовки представлен на рис. 2.10, б.

Выбор шлифовального (абразивного) круга. Используя табл. П10.5, для круглого наружного шлифования с продольной подачей и обеспечением восьмого класса чистоты обработки выбираем круг ЭБ16—25С2К (электрокорунд белый, зернистость 16...25 мкм, средней мягкости, связка керамическая). По Приложению 17 определяем, что диаметр шлифовального круга $D_k = 600$ мм, ширина шлифовального круга $B_k = 63$ мм, частота вращения круга $n_k = 1112$ мин⁻¹. Проверяем скорость вращения круга $v_{кр} = \pi D_k n_k / 1000 = 34,9$ м/мин, что не превышает допустимую скорость вращения для данной марки круга.

Выбор режимов резания. Окружную скорость v_3 заготовки выбираем по табл. П11.28. При окончательном шлифовании (Ra 1,2 мкм) скорость вращения заготовки должна находиться в пределах 15...55 м/мин. Можно принять значение скорости 30 м/мин. Тогда

Таблица 2.12. Индивидуальные варианты для выполнения практической работы № 2.4

Показатели детали и заготовки		Вариант											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Заготовка	А	Номинальный размер, мм	20	22	24	20	20	24	20	20	22	20	26
	Б	Номинальный размер, мм	60,6	61,4	64,5	60,6	61,5	62,4	71,6	61,5	81,6	61,6	65,5
		Точность	c13	c13	c13	c13	c13	c13	c13	c13	c13	c13	c13
		Ra, мкм	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	В	Номинальный размер, мм	15	18	15	19	15	16	17	15	18	15	15
	Г	Номинальный размер	20	22	24	26	20	22	20	24	20	28	20
	Д	Номинальный размер, мм	60	70	80	66	68	70	60	68	60	64	60
		Точность	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14
Е	Номинальный размер, мм	80	90	88	90	100	80	70	120	110	90	80	
Деталь	М	Номинальный размер, мм	60	61	64	60	61	62	71	61	81	61	65
		Точность	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11
		Ra, мкм	1,2	1,2	1,2	0,6	1,2	1,2	0,6	1,2	1,2	0,6	1,2
	Р	Номинальный размер, мм	60	70	80	66	68	70	60	68	60	64	60
Точность		c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	
N, шт./год			9000	9000	4000	9000	6000	3000	13000	7000	8000	9000	12000

Примечания: 1. Масса заготовки — до 1 кг.
2. Материал заготовки — сталь 40Х.

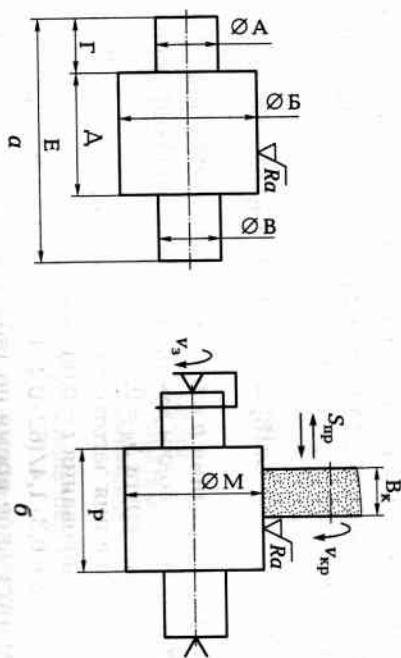


Рис. 2.10. Эскиз обрабатываемой детали:
а — размеры заготовки; б — размеры детали

частота вращения заготовки $n_s = 1000 \text{ об./мин} / (\pi D_s) = 1000 \cdot 30 / (3,14 \cdot 60) = 159 \text{ мин}^{-1}$. Принимаем частоту вращения заготовки $n_s = 160 \text{ мин}^{-1}$, зная, что на выбранном станке частота вращения заготовки регулируется бесступенчато от 40 до 400 мин^{-1} (Приложение 17).

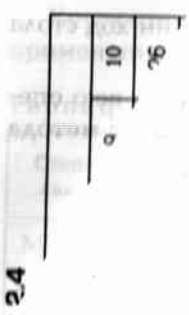
Глубина шлифования t выбирается по табл. П11.28 в интервале от 0,005 до 0,015 мм на каждый ход стола шлифовального станка. Учитывая, что параметр шероховатости Ra 1,2 мкм, принимаем $t = 0,005 \text{ мм/ход}$ стола, зная по Приложению 17, что на выбранном станке глубина резания регулируется бесступенчато от 0,002 до 0,1 мм/ход.

Продольная подача на оборот заготовки задается в долях S_b от ширины B_k круга, т. е. $S_{пр} = S_b B_k$. Используя табл. П11.28, принимаем $S_b = 0,4$. По Приложению 17 для круга шириной $B_k = 63 \text{ мм}$ вычисляем $S_{пр} = 0,4 \cdot 63 = 25,2 \text{ мм/об}$ заготовки. Округляя, принимаем значение продольной подачи $S_{пр} = 25 \text{ мм/об}$.

Минутную скорость $V_{пр}$, м/мин, продольного хода стола (то же, что и минутная продольная подача) вычислим по формуле $V_{пр} = S_{пр} n_s / 1000 = 25 \cdot 160 / 1000 = 4 \text{ м/мин}$. Так как на выбранном станке скорость продольного хода стола регулируется бесступенчато в пределах 50...5000 мм/мин (0,05...5,0 м/мин), то рассчитанную скорость продольного хода стола (4 м/мин) принимаем за фактическую.

Основное (машинное) время t_0 на продольное шлифование вычислим по формуле (2.13):

$$t_0 = L t_k / (V_{пр} S_b n_s f) \quad (2.15)$$



определим, используя табл. П11.26, при пере-
буга на каждую сторону, равном половине
буга ($m = 0,5$):

$$= 60 - (1 - 2 \cdot 0,5) \cdot 63 = 60 \text{ мм.}$$

0,3 мм [см. (Б - М)/2, рис. 2.10].

для окончательного шлифования $k = 1,4$.

уга $S_B = 0,4$.

ления заготовки $n_s = 160 \text{ мин}^{-1}$.

шлифования $t = 0,005 \text{ мм}$.

$$t_o = 60 \cdot 0,3 \cdot 1,4 / (63 \cdot 0,4 \cdot 160 \cdot 0,005) = 1,25 \text{ мин.}$$

Среднее вспомогательное время по табл. П9.1 для случая установки за-

готовки массой до 1 кг в центрах с хомутиком $t_b = 0,35 \text{ мин}$.

Оперативное время $t_{оп} = t_o + t_b = 1,25 + 0,35 = 1,6 \text{ мин}$.

Время технического обслуживания составляет 3% от основного
времени, т. е. $t_{т.о} = 3t_o / 100 = 3 \cdot 1,25 / 100 = 0,04 \text{ мин}$.

Время организационного обслуживания составляет 3% от опе-
ративного времени, т. е. $t_{орг} = 3t_{оп} / 100 = 3 \cdot 1,6 / 100 = 0,05 \text{ мин}$.

Время t_n на физические потребности при работе на кругло-
шлифовальном станке с высотой центров до 150 мм определим по
табл. П9.3 в виде 1,7% от оперативного времени, т. е. $t_n = 1,7t_{оп} / 100 =$
 $= 1,7 \cdot 1,6 / 100 = 0,03 \text{ мин}$.

Подготовительно-заключительное время при работе на кругло-
шлифовальных станках с высотой центров до 150 мм с установкой
заготовки в центрах $t_{п-з} = 7 \text{ мин}$ (табл. П9.6).

Годовая программа (9000 шт.) выпуска деталей предполагает се-
рийное производство. Число $q_{парт}$ заготовок в партии, одновременно
подаваемых на обработку (с учетом создания незавершенного про-
изводства на 5 рабочих дней), рассчитаем по формуле (2.14):

$$q_{парт} = (N/\Delta)f = (9000/254) \cdot 5 \approx 180 \text{ шт.}$$

Штучно-калькуляционное время на партию заготовок 180 шт.
определим по формуле (2.11):

$$t_{шт-к} = t_o + t_b + t_{орг} + t_{т.о} + t_n + t_{п-з} / q_{парт} =$$

$$= 1,25 + 0,35 + 0,04 + 0,05 + 0,03 + 7/180 \approx 1,8 \text{ мин.}$$

Рассчитанные параметры операции шлифования наружной
цилиндрической поверхности можно занести в операционную
карту.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 2.4

1. Перечислите документацию, в которой содержатся исходные данные для проектирования технологического процесса механической обработки заготовки.
2. Что такое операционная карта?
3. Какую информацию заносит технолог в операционную карту?
4. Что является режущим инструментом при шлифовании?
5. Какие приспособления для базирования заготовки используют при шлифовании?
6. Какие абразивные круги могут использоваться при шлифовании?
7. Из чего складывается штучно-калькуляционное время на операцию?
8. Какими параметрами характеризуется процесс резания при шлифовании?

Практическая работа № 2.5. Разработка плоскошлифовальной операции технологического процесса

Цель работы — ознакомиться с методикой разработки плоскошлифовальной операции; определить основные параметры шлифовальной операции; назначить режимы обработки; выбрать необходимое техническое обеспечение операции; определить основное время на выполнение операции; определить штучно-калькуляционное время на операцию; приобрести практические навыки и умения по разработке операции механической обработки заготовки.

Отчет по практической работе должен содержать:

- операционные эскизы обработки плоских поверхностей на шлифовальном станке;
- расчетные формулы по определению параметров операции;
- результаты расчетов;
- правильно оформленную операционную карту;
- выводы по работе.

Краткие методические указания к выполнению практической работы

Для шлифования открытых плоскостей применяют плоскошлифовальные станки. В одних плоскошлифовальных станках

Длину L хода стола определим, используя табл. П11.26, при перебеge шлифовального круга на каждую сторону, равном половине ширины ($B_k = 63$ мм) круга ($m = 0,5$):

$$L = l - (1 - 2m)B_k = 60 - (1 - 2 \cdot 0,5) \cdot 63 = 60 \text{ мм.}$$

Глубина шлифования $h = 0,3$ мм [см. (Б - М)/2, рис. 2.10].

Коэффициент доводки для окончательного шлифования $k = 1,4$.

Доля ширины круга $S_B = 0,4$.

Частота вращения заготовки $n_3 = 160$ мин⁻¹.

Глубина шлифования $t = 0,005$ мм.

Тогда $t_o = 60 \cdot 0,3 \cdot 1,4 / (63 \cdot 0,4 \cdot 160 \cdot 0,005) = 1,25$ мин.

Вспомогательное время по табл. П9.1 для случая установки заготовки массой до 1 кг в центрах с хомутиком $t_b = 0,35$ мин.

Оперативное время $t_{оп} = t_o + t_b = 1,25 + 0,35 = 1,6$ мин.

Время технического обслуживания составляет 3 % от основного времени, т. е. $t_{т.о} = 3t_o / 100 = 3 \cdot 1,25 / 100 = 0,04$ мин.

Время организационного обслуживания составляет 3 % от оперативного времени, т. е. $t_{орг} = 3t_{оп} / 100 = 3 \cdot 1,6 / 100 = 0,05$ мин.

Время t_n на физические потребности при работе на круглошлифовальном станке с высотой центров до 150 мм определим по табл. П9.3 в виде 1,7 % от оперативного времени, т. е. $t_n = 1,7t_{оп} / 100 = 1,7 \cdot 1,6 / 100 = 0,03$ мин.

Подготовительно-заключительное время при работе на круглошлифовальных станках с высотой центров до 150 мм с установкой заготовки в центрах $t_{п-з} = 7$ мин (табл. П9.6).

Годовая программа (9 000 шт.) выпуска деталей предполагает серийное производство. Число $q_{парт}$ заготовок в партии, одновременно подаваемых на обработку (с учетом создания незавершенного производства на 5 рабочих дней), рассчитаем по формуле (2.14):

$$q_{парт} = (N/\Delta)f = (9000/254) \cdot 5 \approx 180 \text{ шт.}$$

Штучно-калькуляционное время на партию заготовок 180 шт. определим по формуле (2.11):

$$\begin{aligned} t_{шт-к} &= t_o + t_b + t_{орг} + t_{т.о} + t_n + t_{п-з} / q_{парт} = \\ &= 1,25 + 0,35 + 0,04 + 0,05 + 0,03 + 7/180 \approx 1,8 \text{ мин.} \end{aligned}$$

Рассчитанные параметры операции шлифования наружной цилиндрической поверхности можно занести в операционную карту.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 2.4

1. Перечислите документацию, в которой содержатся исходные данные для проектирования технологического процесса механической обработки заготовки.
2. Что такое операционная карта?
3. Какую информацию заносит технолог в операционную карту?
4. Что является режущим инструментом при шлифовании?
5. Какие приспособления для базирования заготовки используют при шлифовании?
6. Какие абразивные круги могут использоваться при шлифовании?
7. Из чего складывается штучно-калькуляционное время на операцию?
8. Какими параметрами характеризуется процесс резания при шлифовании?

Практическая работа № 2.5. Разработка плоскошлифовальной операции технологического процесса

Цель работы — ознакомиться с методикой разработки плоскошлифовальной операции; определить основные параметры шлифовальной операции; назначить режимы обработки; выбрать необходимое техническое обеспечение операции; определить основное время на выполнение операции; определить штучно-калькуляционное время на операцию; приобрести практические навыки и умения по разработке операции механической обработки заготовки.

Отчет по практической работе должен содержать:

- операционные эскизы обработки плоских поверхностей на шлифовальном станке;
- расчетные формулы по определению параметров операции;
- результаты расчетов;
- правильно оформленную операционную карту;
- выводы по работе.

Краткие методические указания к выполнению практической работы

Для шлифования открытых плоскостей применяют плоскошлифовальные станки. В одних плоскошлифовальных станках

заготовку, установленную на магнитном столе, шлифуют торцом абразивного круга, в других — шлифуют периферией абразивного круга (табл. П11.27). Столы у одних станков круглые, вращающиеся с определенной угловой скоростью. На круглых столах базируются одновременно несколько заготовок. У других станков столы прямоугольные с прямоугольным возвратно-поступательным движением. На столе может устанавливаться или одна заготовка, или несколько заготовок, установленных как можно плотнее одна к другой. Если материал заготовки не обладает магнитными свойствами, то при меняют различные приспособления или приемы для закрепления обрабатываемой заготовки.

Шлифование плоскостей торцем абразивного круга несколько производительнее по сравнению со шлифованием периферией круга, но дает меньшую точность обработки. Для повышения производительности шлифования периферией абразивного круга при возможности на столе шлифовального станка устанавливают и закрепляют сразу несколько заготовок вплотную одна к другой.

Основное время при шлифовании периферией круга рассчитывают по следующей формуле:

$$t_0 = \frac{N \cdot L \cdot K}{1000 \cdot v_s \cdot S_v \cdot S_c \cdot q}, \quad (2.16)$$

где N — величина перемещения круга в направлении поперечной подачи, мм, $N = V_s + V_{кр}$ (зазоры между заготовками); V_s — суммарный размер заготовок в направлении поперечной подачи мм; $V_{кр}$ — ширина шлифовального круга, мм; L — длина продольного хода стола, $L = L_s + (10 \dots 15)$ мм; L_s — суммарная длина заготовок, закрепленных на столе станка, мм; h — припуск на обработку, мм; K — коэффициент доводки; v_s — продольная скорость движения заготовки (стола), м/мин; S_v — поперечная подача круга, мм/ход стола; S_c — подача на глубину (вертикальная подача), мм/проход; q — число одновременно обрабатываемых заготовок.

Задание

По одному из вариантов задания на практическую работу (табл. 2.13 и рис. 2.11, а, б) разработать шлифовальную операцию по обработке плоской поверхности с одной стороны заготовки и заполнить операционную карту.

Пример выполнения работы (вариант № 0)

Из анализа чертежа заготовки (см. рис. 2.11, а), поступающей на шлифовальную операцию, и требуемых параметров точности

Таблица 2.13. Индивидуальные варианты для выполнения практической работы № 2.5

Показатели детали и заготовки		Вариант											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Заготовка	A	Номинальный размер, мм	250	280	260	280	300	250	290	250	280	250	270
		Точность	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14
	B	Номинальный размер, мм	20,3	22,3	20,4	25,3	30,3	40,4	60,3	20,3	20,4	40,3	20,2
		Точность	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Г	Номинальный размер, мм	80	100	120	90	80	70	110	80	120	90	120
Точность		c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	
Деталь	M	Номинальный размер, мм	20,0	22,0	20,0	25,0	30,0	40,0	60,0	20,0	20,0	40,0	20,0
		Точность	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11
		Ra, мкм	1,2	1,2	1,2	0,6	1,2	0,6	1,2	1,2	0,8	1,2	1,2
	B	Номинальный размер, мм	250	280	260	280	300	250	290	250	280	250	270
		Точность	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14
	Г	Номинальный размер, мм	80	100	120	90	80	70	110	80	120	90	120
Точность		c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	c14	
N, шт./год		8000	9000	4000	7000	6000	3000	13000	7000	8000	9000	12000	

Примечания: 1. Масса заготовки — до 1 кг.
2. Материал заготовки — сталь 40X.

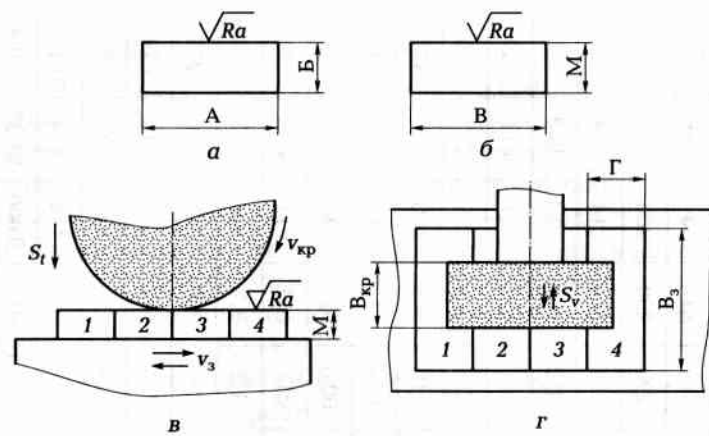


Рис. 2.11. Схема плоского шлифования:

a — заготовка; *б* — деталь; *в* — продольная подача стола; *г* — поперечная подача абразивного круга

и шероховатости поверхности после шлифования (см. рис. 2.11, *б* и табл. 2.13) принимаем решение, что предстоит плоское шлифование периферией круга одновременно четырех заготовок ($q = 4$). Припуск на сторону составляет 0,3 мм ($B - M$), требуемый параметр шероховатости Ra 1,2 мкм, требуемая точность 20с11 или $20_{-0,24}^{-0,11}$ (Приложение 5).

Эскиз наладки шлифовальной операции в двух проекциях со всеми пояснениями представлен на рис. 2.11, *в*, *г*.

Выбор станка. Шлифование поверхности M можно выполнять на плоскошлифовальном станке модели ЗП722 с размером магнитного прямоугольного стола 320×1250 мм, что позволяет обрабатывать одновременно несколько заготовок. Остальные данные станка приведены в Приложении 17.

Выбор приспособления. Так как заготовка имеет плоскую форму, а материал заготовки обладает магнитными свойствами, то установим и закрепим четыре заготовки на магнитном столе станка. Эскиз установки четырех (1, 2, 3, 4) заготовок представлен на рис. 2.11, *в*, *г*.

Выбор шлифовального (абразивного) круга. Используя табл. П10.5, для плоского шлифования периферией круга на станках с прямоугольным столом с обеспечением восьмого класса чистоты обработки, выбираем круг Э16СМ2К (электрокорунд, зернистость 16 мкм, средней мягкости 2, связка керамическая). По Приложению 17 определяем, что диаметр шлифовального круга $D_k = 450$ мм,

ширина шлифовального круга $B_k = 80$ мм со скоростью вращения до 35 м/с.

Выбор режимов резания. Скорость резания будет равна окружной скорости вращения шлифовального круга. По табл. П11.28 $v_k = 30 \dots 35$ м/с. Выбираем скорость как для нового круга $v_k = 35$ м/с.

Скорость v_3 движения заготовки, рекомендуемая по табл. П11.28 для окончательного шлифования, 15...20 м/мин. Принимаем среднее значение $v_3 = 17$ м/мин.

Поперечная подача S_v круга на ход стола задается в долях S_B от ширины B_k круга, т.е. $S_v = S_B B_k$. Используя табл. П11.28, принимаем $S_B = 0,3$. При ширине круга $B_k = 80$ мм $S_v = 0,3 \cdot 80 = 24$ мм/ход стола.

Подача S_t на глубину на один проход, рекомендуемая по табл. П11.28 в диапазоне 0,005...0,015 мм. Принимаем наименьшее значение ввиду высокого класса шероховатости, т.е. $S_t = 0,005$ мм/проход. Эта подача осуществляется при смене направления поперечной подачи, т.е. при реверсе поперечного движения шлифовальной бабки.

Величина H перемещения круга в направлении поперечной подачи, мм: $H = B_3 + B_{кр} + (\text{зазоры между заготовками})$, мм = $B + B_{кр} + 0 = 250 + 80 + 0 = 330$ мм.

Длина продольного хода стола $L = 4L_3 + (10 \dots 15)$ мм = $4\Gamma + 15 = 4 \cdot 80 + 15 = 335$ мм.

Таким образом, мы определили следующие параметры операции плоского шлифования (табл. 2.14).

Таблица 2.14. Расчетные параметры операции плоского шлифования

Параметр операции	Значение
v_3 , м/мин	17
S_v , мм/ход	24
S_t , мм/проход	0,005
H , мм	330
L , мм	335
h , мм	0,3
q , шт.	4
K	1,4

Основное (машинное) время t_o на продольное шлифование вычислим по формуле (2.16):

$$t_o = HLhK / (1000v_s S_v S_f q) = \\ = 330 \cdot 335 \cdot 0,3 \cdot 1,4 / (1000 \cdot 17 \cdot 24 \cdot 0,005 \cdot 4) \approx 5,7 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время по табл. П9.1 для случая установки заготовки массой до 1 кг на магнитном столе $t_b = 0,15$ мин.

Оперативное время $t_{оп} = t_o + t_b = 5,7 + 0,15 = 5,85$ мин.

Время технического обслуживания составляет 3% от основного времени, т.е. $t_{т.о} = 3t_o / 100 = 3 \cdot 5,7 / 100 = 0,17$ мин.

Время $t_{орг}$ организационного обслуживания составляет 3% от оперативного времени, т.е. $t_{орг} = 3t_{оп} / 100 = 3 \cdot 5,85 / 100 = 0,18$ мин.

Время t_n на физические потребности при работе на плоскошлифовальном станке с длиной стола до 1500 мм определим по табл. П9.3 в виде 1,9% от оперативного времени, т.е. $t_n = 1,9t_{оп} / 100 = 1,9 \cdot 5,85 / 100 = 0,1$ мин.

Подготовительно-заключительное время $t_{п-з}$ при работе на плоскошлифовальных станках с установкой заготовки на магнитном столе $t_{п-з} = 6$ мин (табл. П9.6).

Годовая программа (8000 шт.) выпуска деталей предполагает серийное производство. Число $q_{парт}$ заготовок в партии, одновременно подаваемых на обработку при запасе заготовок на 4 рабочих дня, рассчитаем по формуле (2.14):

$$q_{парт} = (N/\Delta)f = (8000/254) \cdot 4 \approx 125 \text{ шт.}$$

Штучно-калькуляционное время $t_{шт-к}$ на партию заготовок 125 шт. определим по формуле (2.11):

$$t_{шт-к} = t_o + t_b + t_{орг} + t_{т.о} + t_n + t_{п-з} / q_{парт} = \\ = 5,7 + 0,15 + 0,18 + 0,17 + 0,1 + 6 / 125 \approx 6,35 \text{ мин.}$$

Рассчитанные параметры операции шлифования плоской поверхности можно занести в операционную карту.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 2.5

1. Что следует понимать под «открытой плоскостью» и «закрытой плоскостью»?
2. Какие методы шлифования плоских поверхностей применяют чаще всего?
3. Изобразите схему одновременного шлифования нескольких заготовок.

4. Назовите параметры, характеризующие процесс шлифования плоскости.
5. Какие существуют способы закрепления заготовок на столе плоскошлифовального станка?
6. Перечислите виды движений при шлифовании периферией круга.
7. Перечислите виды движений при шлифовании торцом круга.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите алгоритм определения штучного времени.
2. Перечислите возможные схемы фрезерования плоских поверхностей.
3. Перечислите составные части штучно-калькуляционного времени.
4. С какой целью вводят коэффициент доводки при круглом шлифовании?
5. Как выбирают диаметр абразивного круга при внутреннем шлифовании?
6. Охарактеризуйте операционную карту как технологический документ.
7. Что является исходной информацией для разработки фрезерной операции?
8. Назовите способы закрепления заготовок на токарном станке.
9. Перечислите методы круглого шлифования.
10. Объясните, что выигрывают при серийном производстве, когда заготовки подают на обработку партиями.

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ

3.1. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВАЛОВ

С помощью валов посредством насаженных на них зубчатых колес передаются крутящие моменты от одного механизма изделия к другим механизмам. Поэтому эти детали в конструкции, как правило, наиболее нагружены. Кроме того, валы, с насаженными на них деталями, вращаются с большими скоростями. Это требует высокой точности изготовления не только рабочих, но и свободных поверхностей. В противном случае возникнет большой дисбаланс, который следует устранять балансировкой.

Поверхности вала имеют различную форму и взаимное положение. Наиболее характерными поверхностями валов являются:

- опорные шейки для установки на них подшипников;
- цилиндрические посадочные поверхности для установки на вал зубчатых колес, шкивов, полумуфт, звездочек, маховиков и других деталей;
- шлицевые поверхности с прямоугольными или эвольвентными шлицами;
- шпоночные канавки;
- резьбовые поверхности;
- конические поверхности для точного центрирования деталей на валу;
- фаски, прорези, пазы, радиальные и осевые отверстия;
- внутренние цилиндрические полости для облегчения вала или для установки подшипников;
- сферические поверхности;
- эвольвентные поверхности зубьев шестерни, изготовленной совместно с валом (такую деталь называют вал-шестерня).

Так как в процессе работы изделия валы нагружаются знакопеременными усилиями и подвергаются упругим деформациям изгиба кручения, растяжения или сжатия, то требования к материалу и технологии изготовления каждого конкретного вала оговариваются особо. Этим строгим требованиям отвечают конструкционные (и легированные) стали и сплавы, например 30Х, 20ХГНМ, 40Х.

Особое внимание уделяют методу получения заготовок, который во многом определяется формой вала. Для гладких валов с небольшим перепадом диаметров ступеней используют заготовки из проката. Заготовки для валов со значительным перепадом диаметров ступеней получают горячей штамповкой в открытых (или закрытых) штампах, а также на горизонтально-ковочных машинах.

При механической обработке валов в качестве основных технологических баз часто используют искусственные технологические базы, например поверхности центровых отверстий с обоих торцов заготовки. При обработке длинных и недостаточно жестких валов используют дополнительную технологическую базу, которую устанавливают в лонет.

Типовой технологический процесс изготовления вала с цементируемыми поверхностями делится на следующие этапы:

- термическая обработка заготовки (нормализация);
- обработка торцевых поверхностей и центровых отверстий (центрирование);
- черновая токарная обработка наружных поверхностей, сверление и растачивание внутренних поверхностей (при их наличии), шлифование поверхностей, подлежащих цементации;
- омеднение нецементируемых поверхностей (защита от цементации);
- цементация, закалка, отпуск;
- восстановление базовых фасок у центровых отверстий;
- чистовая токарная обработка (обтачивание наружных нецементируемых поверхностей, растачивание внутренней полости, нарезание резьбы, протачивание канавок);
- фрезерование шпоночных пазов и шлицов, сверление радиальных отверстий;
- окончательная обработка: шлифование опорных шеек и шлицов, нарезание мелкой резьбы (при ее наличии), полирование наружных поверхностей;
- контроль точности и качества готового вала.

Таблица 3.1. Типовой технологический маршрут обработки ступенчатого вала

Номер операции	Наименование и содержание операции	Технологические базы	Технологическое оборудование
05	<i>Фрезерно-центровальная</i> : фрезерование торцов и сверление центровых отверстий	Наружные поверхности заготовки	Фрезерно-центровальный станок
10	<i>Токарная черновая</i> : обтачивание наружных поверхностей, сверление и растачивание внутренних поверхностей	Поверхности центровых отверстий	Токарный станок
15	<i>Термическая</i> : отжиг в вертикальном положении	Торец и наружные поверхности вала	Шахтная электрическая печь
20	<i>Токарная</i> : исправление базовых поверхностей центровых отверстий	Поверхности опорных шеек	Токарный станок
25	<i>Токарная чистовая</i> : обтачивание наружных поверхностей, растачивание внутренних полостей	Поверхности центровых отверстий	Токарный станок
30	<i>Токарная чистовая</i> : растачивание внутренних полостей	Поверхности опорных шеек	Токарный станок
35	<i>Фрезерная</i> : фрезерование шпоночных пазов	Поверхности опорных шеек	Фрезерный станок

40	<i>Шлицефрезерная</i> : фрезерование шлицов	Поверхности центровых отверстий	Фрезерный (шлицефрезерный) станок
45	<i>Термическая</i> : закалка	Торец и наружные поверхности вала	Шахтная электрическая печь
50	<i>Центрошлифовальная</i> : восстановление фасок центровых отверстий	Поверхности опорных шеек	Центрошлифовальный станок
55	<i>Шлифовальная</i> : шлифование опорных шеек и посадочных поверхностей	Поверхности центровых отверстий	Круглошлифовальный станок
60	<i>Шлицешлифовальная</i> : шлифование поверхностей шлицов	Поверхности центровых отверстий	Шлицешлифовальный станок
65	<i>Резьбошлифовальная</i> : шлифование мелкой резьбы	Поверхности центровых отверстий	Резьбошлифовальный станок
70	<i>Контрольная</i> : проверка геометрии вала	Поверхности центровых отверстий	Измерительный стенд

Типовой технологический процесс изготовления вала из термоулучшаемых материалов делится на следующие этапы:

- термическая обработка заготовки (нормализация);
- обработка торцевых поверхностей и центровых отверстий (центрирование);
- черновая токарная обработка наружных поверхностей, сверление и растачивание внутренних поверхностей (при их наличии);
- термообработка (закалка, отпуск);
- восстановление базовых фасок у центровых отверстий и поверхностей под люнет, если такие имеются;
- чистовая токарная обработка (обтачивание наружных поверхностей, растачивание внутренней полости, нарезание резьбы, протачивание канавок);
- фрезерование шпоночных пазов и шлицов, сверление радиальных отверстий;
- окончательная обработка (шлифование опорных шеек и шлицов, нарезание мелкой резьбы (при ее наличии), полирование наружных поверхностей);
- контроль точности и качества готового вала.

Маршрут обработки ступенчатого вала может выглядеть следующим образом (табл. 3.1) [7].

Для обработки наружных цилиндрических поверхностей, торцевых поверхностей, резьбы, шлицов могут использоваться следующие методы обработки (табл. 3.2) [7].

Таблица 3.2. Методы обработки поверхностей вала

Методы обработки		Ra, мкм	Квалитет точности	Степень точности
Обтачивание с продольной подачей	Обдирочное	25...100	15—16	—
	Чистовое	3,2	7—9	—
	Тонкое	0,8	6	—
Обтачивание с поперечной подачей	Обдирочное	25...100	16	—
	Чистовое	3,2	11—13	—
	Тонкое	1,6	8—11	—

Окончание табл. 3.2

Методы обработки		Ra, мкм	Квалитет точности	Степень точности
Шлифование круглое	Получистовое	3,2...6,3	8—11	—
	Чистовое	1,6	6—8	—
	Тонкое	0,4	5	—
Полирование	Обычное	0,2...1,6	6	—
	Тонкое	0,05...0,1	5	—
Хонингование		0,05...0,2	6; 7	—
Суперфиниширование		0,4	6; 7	—
Нарезание резьбы	Метчиком, плашкой	3,2...12,5	6—8	—
	Резцом, гребенкой	3,2...6,3	6—8	—
	Фрезой	3,2...6,3	8	—
Шлифование резьбы	Чистовое	1,6...3,2	4—6	—
Накатывание резьбы роликами		0,4...0,8	6—8	—
Вихревое нарезание резьбы		0,8...6,3	6—8	—
Шлицефрезерование	Черновое	4...10	—	9—11
	Чистовое	1,25...4	—	8—9
Шлицепротягивание	Чистовое	1...1,25	—	8—9
Шлифование шлицов	Черновое	1,6...3,2	—	6—7
	Чистовое	0,4...1,25	—	5—6
Фрезерование шпоночных канавок	Чистовое	4...6,3	—	9—10

Задание 3.1

По одному из вариантов задания (табл. 3.3) разработать маршрут технологического процесса изготовления вала (рис. 3.1, а) из штампованной заготовки (рис. 3.1, б). Материал заготовки — сталь

Таблица 3.3. Индивидуальные варианты для выполнения задания 3.1

Показатели детали и заготовки			Вариант										
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Деталь	Ø А	Номинальный размер, мм	30	40	30	30	30	30	40	50	30	30	30
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Ø Б	Номинальный размер, мм	60	70	67	50	70	66	70	80	68	64	66
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Ø В	Номинальный размер, мм	30	40	30	30	30	30	40	50	30	30	30
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Ø Г	Номинальный размер, мм	20	30	20	20	20	20	30	40	20	20	20
		Точность	f10	h10	d10	f10	d10	f10	h10	d10	h10	f10	d10
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Е	Номинальный размер, мм	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	Ж	Номинальный размер, мм	140	160	180	150	240	200	170	260	120	140	190
		Точность	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12

З	Номинальный размер, мм	200	220	240	210	300	260	230	320	180	200	250	
	Точность	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	
И	Номинальный размер, мм	220	240	260	230	320	280	250	340	200	220	270	
	Точность	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	
Заготовка	Ø М	Номинальный размер, мм	36	46	38	38	37	38	46	56	38	36	37
	Ø Н	Номинальный размер, мм	66	78	73	56	77	73	76	86	73	70	72
	Ø О	Номинальный размер, мм	36	46	38	38	37	38	46	56	38	36	37
	Ø Р	Номинальный размер, мм	26	36	26	26	26	26	36	46	26	26	26
	Т	Номинальный размер, мм	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	У	Номинальный размер, мм	146	166	186	156	246	206	176	266	126	146	196
	Ф	Номинальный размер, мм	206	226	246	218	310	268	236	328	188	208	257
	Х	Номинальный размер, мм	230	250	270	240	330	290	260	350	210	230	280

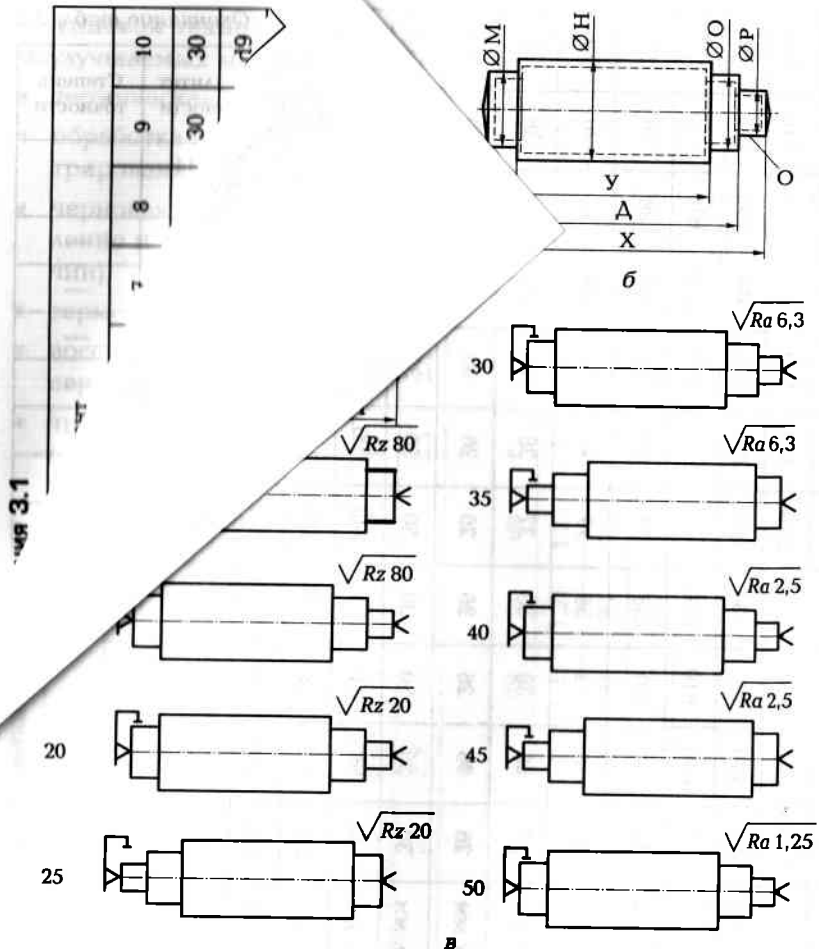


Рис. 3.1. Эскиз обрабатываемого вала:
 а — размеры детали; б — размеры заготовки; в — операции по обработке вала

12ХН3А. Производство серийное. Твердость цементированных поверхностей $HRC \geq 58$. Допускается наличие центровых отверстий на крайних торцах вала.

Пример выполнения задания 3.1 (вариант № 0)

После переноса всей информации из табл. 3.3 на рабочий чертеж детали проведем анализ технологичности детали, который показывает, что наиболее важными поверхностями являются две опорные шейки $\varnothing 40h6$ и торцевая поверхность М, которая явля-

ется конструкторской базой по отношению к большинству торцевых поверхностей. Точность обработки рабочих поверхностей — посадочных мест под подшипники — соответствует шестому качеству. Точность остальных 11 размеров соответствует 10-му качеству.

К данному валу предъявляются высокие требования как по точности, так и по шероховатости рабочих и свободных поверхностей. Возможность использования центровых отверстий в качестве постоянной технологической базы несколько облегчает обеспечение точности при обработке поверхностей вала. Требуемую для каждой поверхности последовательность обработки в целях получения заданной точности и шероховатости установим согласно Приложению 6.

Крайние торцы целесообразно обрабатывать на фрезерно-центровальном станке. При этом обе плоские поверхности получатся параллельными, с малой шероховатостью и достаточно точным размером по длине вала. Расположение центровых отверстий также получается достаточно точным.

Торцы поверхностей по границам уступов вала должны иметь точность по 10-му качеству ($h10$). Поэтому их следует обрабатывать за два прохода: черновой и чистовой. Наружные цилиндрические поверхности для достижения требуемой шероховатости (А и Г — $Ra 1,25$ мкм, Б и В — $Ra 2,5$ мкм) должны подвергнуться черновому и чистовому точению с последующим шлифованием.

В качестве первичной технологической базы на первой, фрезерно-центровальной операции (05, рис. 3.1, в) можно использовать крайние цилиндрические поверхности заготовки М и О, расположенные одна от другой на расстоянии, достаточном для установки заготовки на две призмы и надежного ее закрепления. Чтобы придать определенность положения заготовки вдоль своей оси, можно использовать один из торцевых уступов в середине заготовки.

В качестве технологических баз при дальнейшей обработке будут использоваться центровые отверстия, обработанные в операции 05. Передача крутящего момента от шпинделя станка к заготовке осуществляется через крайние цилиндрические поверхности А и Г, на которые устанавливается хомутик. Поэтому в следующей операции (10) будет обрабатываться одна из этих поверхностей (А), а заготовка устанавливаться в центрах. Хомутик устанавливают на крайнюю (левую) цилиндрическую поверхность. Операционные припуски и соответственно операционные размеры устанавливают на основании табл. П8.1.

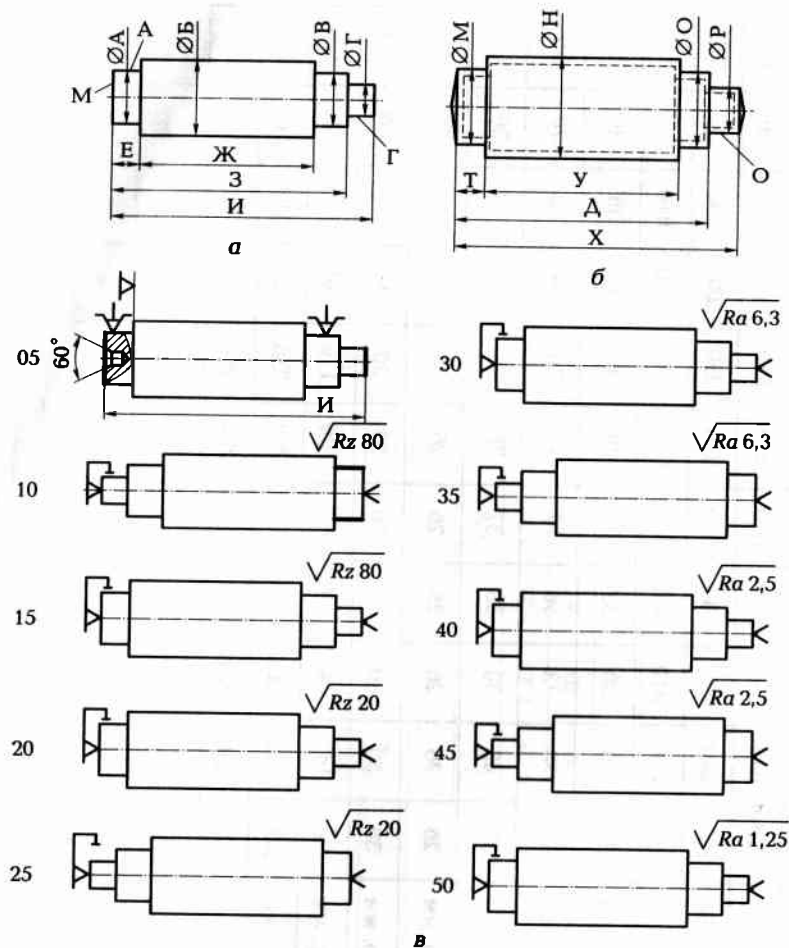


Рис. 3.1. Эскиз обрабатываемого вала:
 а — размеры детали; б — размеры заготовки; в — операции по обработке вала

12ХН3А. Производство серийное. Твердость цементированных поверхностей $HRC \geq 58$. Допускается наличие центровых отверстий на крайних торцах вала.

Пример выполнения задания 3.1 (вариант № 0)

После переноса всей информации из табл. 3.3 на рабочий чертеж детали проведем анализ технологичности детали, который показывает, что наиболее важными поверхностями являются две опорные шейки $\varnothing 40h6$ и торцевая поверхность М, которая явля-

ется конструкторской базой по отношению к большинству торцевых поверхностей. Точность обработки рабочих поверхностей — посадочных мест под подшипники — соответствует шестому качеству. Точность остальных размеров соответствует 10-му качеству.

К данному валу предъявляются высокие требования как по точности, так и по шероховатости рабочих и свободных поверхностей. Возможность использования центровых отверстий в качестве постоянной технологической базы несколько облегчает обеспечение точности при обработке поверхностей вала. Требуемую для каждой поверхности последовательность обработки в целях получения заданной точности и шероховатости установим согласно Приложению 6.

Крайние торцы целесообразно обработать на фрезерно-центровальном станке. При этом обе плоские поверхности получатся параллельными, с малой шероховатостью и достаточно точным размером по длине вала. Расположение центровых отверстий также получается достаточно точным.

Торцы поверхностей по границам уступов вала должны иметь точность по 10-му качеству ($h10$). Поэтому их следует обрабатывать за два прохода: черновой и чистовой. Наружные цилиндрические поверхности для достижения требуемой шероховатости (А и Г — $Ra 1,25$ мкм, Б и В — $Ra 2,5$ мкм) должны подвергнуться черновому и чистовому точению с последующим шлифованием.

В качестве первичной технологической базы на первой, фрезерно-центральной операции (05, рис 3.1, в) можно использовать крайние цилиндрические поверхности заготовки М и О, расположенные одна от другой на расстоянии, достаточным для установки заготовки на две призмы и надежного ее закрепления. Чтобы придать определенность положения заготовки вдоль своей оси, можно использовать один из торцевых уступов в середине заготовки.

В качестве технологических баз при дальнейшей обработке будут использоваться центровые отверстия, обработанные в операции 05. Передача крутящего момента от шпинделя станка к заготовке осуществляется через крайние цилиндрические поверхности А и Г, на которые устанавливается хомутик. Поэтому в следующей операции (10) будет обрабатываться одна из этих поверхностей (А), а заготовка устанавливаться в центрах. Хомутик устанавливают на крайнюю (левую) цилиндрическую поверхность. Операционные припуски и соответственно операционные размеры устанавливают на основании табл. П8.1.

Дальнейшая обработка заготовки производится при базировании на единую установочную базу — центровые отверстия:

- операция 15 — черновое обтачивание ($Rz\ 80$) наружных цилиндрических поверхностей;
- операция 20 — чистовое обтачивание ($Rz\ 20$) наружных цилиндрических поверхностей;
- операция 25 — чистовое обтачивание ($Rz\ 20$) опорной шейки;
- операция 30 — черновое шлифование ($Ra\ 6,3$) наружных цилиндрических поверхностей;
- операция 35 — черновое шлифование ($Ra\ 6,3$) опорной шейки;
- операция 40 — чистовое шлифование ($Ra\ 2,5$) наружных цилиндрических поверхностей;
- операция 45 — окончательное шлифование ($Ra\ 1,25$) одной опорной шейки;
- операция 50 — окончательное шлифование ($Ra\ 1,25$) другой опорной шейки.

Таким образом, используя центровые отверстия в качестве вспомогательной технологической базы, обработали заготовку вала с наивысшей точностью и требуемой чистотой поверхностей.

Задание 3.2

По одному из вариантов задания (табл. 3.4) разработать план технологического процесса изготовления вала (рис. 3.2, а) в условиях серийного производства из штампованной заготовки (рис. 3.2, б). Ма-

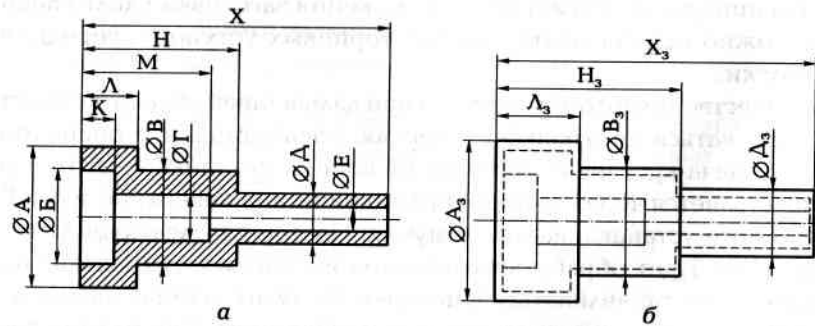


Рис. 3.2. Эскиз обрабатываемого вала:

а — размеры детали; б — размеры штампованной заготовки

Таблица 3.4. Индивидуальные варианты для выполнения задания 3.2

Показатели детали и заготовки	Вариант										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номинальное значение, мм	80	90	80	100	80	80	90	80	120	80	80
Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9
Ra , мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Номинальное значение, мм	60	70	60	90	60	60	750	60	115	60	60
Точность	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9
Ra , мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Номинальное значение, мм	40	50	40	60	40	40	40	40	80	40	40
Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9
Ra , мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Номинальное значение, мм	30	40	30	50	30	30	30	30	60	30	30
Точность	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10
Ra , мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Номинальное значение, мм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9
Ra , мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Показатели детали и заготовки			Вариант										
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Деталь	Ø E	Номинальное значение, мм	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
		Точность	H13	H13	H13	H13	H13	H13	H13	H13	H13	H13	H13
		Ra, мкм	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	K	Номинальное значение, мм	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	Λ	Номинальное значение, мм	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	M	Номинальное значение, мм	110	130	150	120	200	160	150	210	100	110	180
		Номинальное значение, мм	120	180	200	130	220	170	160	230	110	120	190
	H	Номинальное значение, мм	120	180	200	130	220	170	160	230	110	120	190
Точность		h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	
X	Номинальное значение, мм	220	240	260	230	320	280	250	340	200	220	270	
	Точность	a11	a11	a11	a11	a11	a11	a11	a11	a11	a11	a11	
Заготовка	Ø A ₃	Номинальное значение, мм	86	97	88	107	86	88	97	87	128	87	88
	Ø B ₃	Номинальное значение, мм	46	55	47	68	45	46	47	48	88	45	46
	Ø Δ ₃	Номинальное значение, мм	25	25	26	25	28	25	25	27	25	26	25
	Λ ₃	Номинальное значение, мм	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	H ₃	Номинальное значение, мм	128	188	207	137	228	176	166	239	116	128	197
	X ₃	Номинальное значение, мм	230	250	270	240	330	290	260	350	210	230	280

Примечание. На внутренних отверстиях допускаются технологические фаски 3×45°.

тернал заготовки — сталь 40XНМд. Выполнить операционные эскизы для одного из возможных вариантов технологического процесса.

Задание 3.3

По одному из вариантов задания (табл. 3.5) разработать маршрут технологического процесса изготовления вала-шестерни (рис. 3.3, а) из штампованной заготовки (рис. 3.3, б). Материал заготовки — сталь 12XН3А. Производство серийное. Твердость цементированных эвольвентных поверхностей зубьев НРС ≥ 58. Допускается наличие центровых отверстий на крайних торцах вала-шестерни.

Задание 3.4

По одному из вариантов задания (табл. 3.6) разработать маршрут технологического процесса изготовления вала (рис. 3.4, а) из штампованной заготовки (рис. 3.4, б). Материал заготовки — сталь

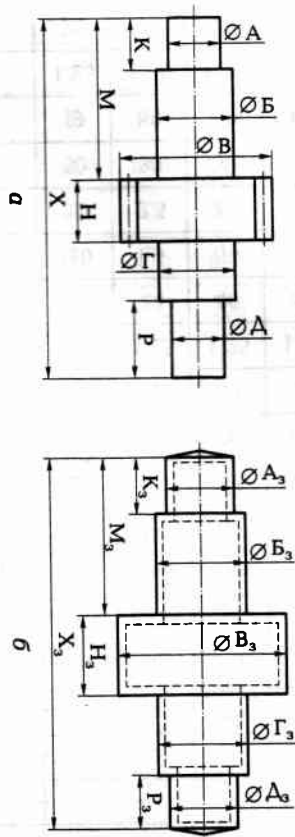


Рис. 3.3. Эскиз обрабатываемого вала-шестерни:
а — размеры детали; б — размеры штампованной заготовки

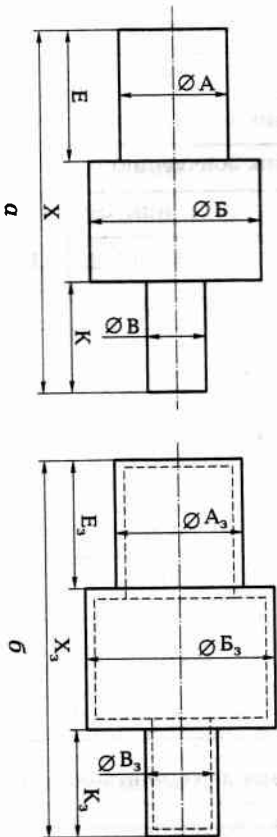


Рис. 3.4. Эскиз обрабатываемого вала:
а — размеры детали; б — размеры штампованной заготовки

Таблица 3.5. Индивидуальные варианты для выполнения задания 3.3

Показатели детали и заготовки			Вариант										
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Деталь	Ø А	Номинальное значение, мм	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Ø Б	Номинальное значение, мм	40	44	40	46	40	48	40	44	40	60	40
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Ø В	Номинальное значение, мм	70	80	90	100	80	100	90	70	80	100	90
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Ø Г	Номинальное значение, мм	40	44	40	46	40	48	40	44	40	60	40
		Точность	f10	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Ø Д	Номинальное значение, мм	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	К	Номинальное значение, мм	20	24	30	20	28	30	20	40	25	40	20

Заготовка	М	Номинальное значение, мм	60	66	70	60	68	75	60	80	66	70	60	
		Точность	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	
	Н	Номинальное значение, мм	30	40	50	60	25	30	50	30	60	30	50	
		Точность	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	
	Р	Номинальное значение, мм	30	40	30	50	30	40	35	38	42	30	38	
		Точность	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	
	Х	Номинальное значение, мм	180	190	200	180	220	180	170	190	200	180	220	
		Точность	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	
	Заготовка	Ø А ₃	Номинальное значение, мм	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	
		Ø Б ₃	Номинальное значение, мм	46	52	48	52	48	60	48	50	48	66	48
		Ø В ₃	Номинальное значение, мм	76	88	96	108	90	107	98	80	88	107	90
		Ø Г ₃	Номинальное значение, мм	46	50	48	54	46	56	48	50	46	68	46
Ø Д ₃		Номинальное значение, мм	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	
К ₃		Номинальное значение, мм	20	24	30	20	28	30	20	40	25	40	20	
М ₃		Номинальное значение, мм	60	66	70	60	68	75	60	80	66	70	60	
Н ₃		Номинальное значение, мм	36	48	56	68	32	40	58	40	70	37	58	
Р ₃		Номинальное значение, мм	30	30	40	30	50	30	40	35	38	42	30	
Х ₃		Номинальное значение, мм	190	198	210	190	230	189	178	202	208	190	230	

Таблица 3.6. Индивидуальные варианты для выполнения задания 3.4

Показатели детали и заготовки		Вариант											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Деталь	ØА	Номинальное значение, мм	30	40	40	42	44	48	48	60	38	40	44
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	ØБ	Номинальное значение, мм	60	70	80	60	70	76	70	80	68	74	76
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	ØВ	Номинальное значение, мм	20	30	30	30	30	30	40	50	30	30	30
		Точность	f10	h10	d10	f10	d10	f10	h10	d10	h10	f10	d10
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Е	Номинальное значение, мм	30	38	60	30	40	50	30	40	70	40	38
	Х	Номинальное значение, мм	140	160	180	150	240	200	170	260	200	140	180
		Точность	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12
К	Номинальное значение, мм	28	40	48	50	30	60	40	32	80	66	50	
Заготовка	ØА ₃	Номинальное значение, мм	36	48	46	48	50	56	55	68	46	48	54
	ØБ ₃	Номинальное значение, мм	66	78	90	66	78	82	77	88	74	80	84
	ØВ ₃	Номинальное значение, мм	26	36	38	37	35	38	48	56	38	37	38
	Е ₃	Номинальное значение, мм	30	38	60	30	40	50	30	40	70	40	38
	Х ₃	Номинальное значение, мм	150	170	192	160	254	208	180	270	214	150	188
	К ₃	Номинальное значение, мм	28	40	48	50	30	60	40	32	80	66	50

12ХН3А. Поверхность Б цементировать. Производство серийное. Твердость цементированной поверхности НРС ≥ 58. Допускается наличие центровых отверстий на крайних торцах вала.

3.2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДИСКОВ

К диску причисляют детали, представляющие собой тело вращения, наружным диаметром в несколько раз большим длины. Диски, как правило, сопрягаются с валом.

Материалы для изготовления дисков определяются требованиями, предъявляемыми к диску, т. е. условиями его работы. В турбинах авиационных двигателей применяют высокопрочные, жаростойкие стали и сплавы, а для воздушных компрессоров применяют легкие легированные сплавы, титановые сплавы и др. Конструктивно диски имеют ступицу для связи с валом, обод для установки лопаток, диафрагму, соединяющую обод со ступицей, пазы для лопаток, различные отверстия и профили лабиринтных уплотнений. Для точного сопряжения диска с другими деталями имеются точные центрирующие пояски или торцевые шлицы. Заготовки для дисков чаще делают штампованными или отливки, если лопатки выполнены совместно с валом, например диск центробежного компрессора.

Изготовление дисков является дорогостоящим технологическим процессом. Поэтому в начале обработки особое внимание уделяют контролю заготовки на наличие трещин, внутренних раковин и других дефектов. Для этого применяют ультразвуковые методы контроля, магнитные методы, рентгеновские и другие методы, которые позволяют обнаружить скрытые дефекты заготовки перед основной обработкой поверхностей.

При выполнении токарных операций оборудование назначают в зависимости от диаметра заготовки. При больших диаметрах заготовки используют токарно-ободовые или токарно-карусельные станки.

Типовой технологический процесс изготовления дисков из жаропрочных сталей и сплавов делится на следующие этапы:

- обдирка заготовки;
- протачивание торцевых поверхностей диска с одной стороны под ультразвуковой контроль;
- ультразвуковой контроль заготовки после обдирки;
- термическая обработка заготовки (закалка, отпуск и старение);

- черновая обработка диска с обеих сторон;
- чистовая обработка диска с обеих сторон;
- полирование диафрагмы диска;
- определение поверхностных дефектов диска;
- сверление и фрезерование базовых элементов диска, используемых при протыгивании пазов;
- протыгивание пазов под лопатки;
- слесарная обработка пазов диска после протыгивания;
- окончательная обработка центрирующих поясков и посадочных поверхностей;
- фрезерование наружного фасонного профиля фланца диска;
- сверление отверстий в фасонном фланце;
- обработка торцевых шлицов;
- слесарная обработка торцевых шлицов после протыгивания;
- контроль точности и качества готового диска.

Задание 3.5

По одному из вариантов задания (табл. 3.7) разработать маршрут технологического процесса изготовления дискообразной детали (рис. 3.5, а) из штампованной заготовки (рис. 3.5, б). Материал за-

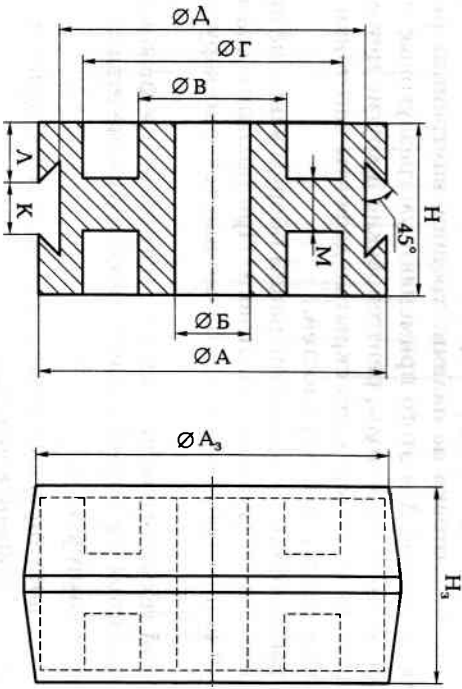


Рис. 3.5. Эскиз обрабатываемой дискообразной детали:
а — размеры детали; б — размеры штампованной заготовки

Таблица 3.7. Индивидуальные варианты для выполнения задания 3.5

Показатели детали и заготовки		Вариант												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Деталь	Ø А	Номинальный размер, мм	600	620	590	600	580	590	600	550	530	630	530	
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	
	Ø Б	Номинальный размер, мм	80	70	66	50	70	76	70	80	78	68	80	
		Точность	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
	Ø В	Номинальный размер, мм	100	90	86	70	90	96	90	100	98	88	100	
	Ø Г	Номинальный размер, мм	560	580	550	560	540	550	560	510	490	590	490	
		Номинальный размер, мм	580	600	570	580	560	570	580	530	510	610	510	
		Точность	f9	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	
	Ra, мкм		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
		Н	Номинальный размер, мм	120	114	99	120	111	111	123	105	111	141	105
		М	Номинальный размер, мм	40	38	33	40	37	37	41	35	37	47	35
	Точность		h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	
	К	Номинальный размер, мм	40	38	33	40	37	37	41	35	37	47	35	
Л	Номинальный размер, мм	40	38	33	40	37	37	41	35	37	47	35		
Заготов-ка	Ø А₂	Номинальный размер, мм	616	640	612	610	590	614	612	560	540	640	540	
	Н₂	Номинальный размер, мм	126	136	106	126	116	116	126	106	106	150	108	
		Ra, мкм	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	

готовки — сталь 45. Производство серийное. Выполнить операционные эскизы для основных операций механической обработки.

Задание 3.6

По одному из вариантов задания (табл. 3.8) разработать маршрут технологического процесса изготовления диска (рис. 3.6) из заготовки, полученной литьем из стали 268Л в условиях серийного производства. Составить операционные эскизы на основные операции механической обработки. Припуск по всем поверхностям отливки составляет 2 мм на сторону.

Задание 3.7

По одному из вариантов задания (табл. 3.9) разработать маршрут технологического процесса изготовления диска (рис. 3.7) из заготовки, полученной штамповкой в закрытом штампе. Материал заготовки — сталь 45, производство серийное. Составить операционные эскизы на основные операции механической обработки. Форма заготовки показана штриховой линией. Припуск по всем поверхностям заготовки-штамповки составляет 3 мм на сторону.

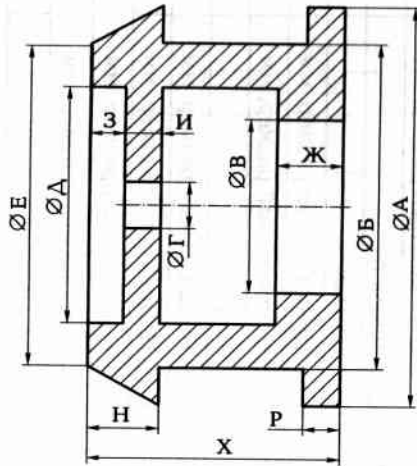


Рис. 3.6. Эскиз обрабатываемого диска к заданию 3.6

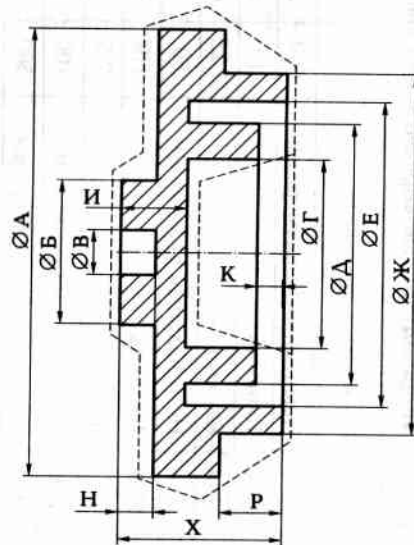


Рис. 3.7. Эскиз обрабатываемого диска к заданию 3.7

Таблица 3.8. Индивидуальные варианты для выполнения задания 3.6

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ø А	Номинальный размер, мм	500	510	520	490	500	520	600	580	550	520	600
	Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	h9
Ø Б	Ра, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Номинальный размер, мм	460	470	480	450	460	480	560	540	510	480	560
Ø В	Точность	f11	h11	d11	f11	d11	f11	h11	d11	h11	f11	d11
	Номинальный размер, мм	400	400	430	400	400	410	500	480	450	420	500
Ø Г	Точность	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9
	Ра, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Ø Д	Номинальный размер, мм	60	70	80	70	60	90	100	110	100	80	90
	Точность	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9
Ø Е	Номинальный размер, мм	420	430	450	420	420	440	520	500	470	440	520
	Точность	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10

Деталь (диск)

Показатели детали			Вариант										
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Деталь (диск)	Ø Е	Номинальный размер, мм	460	470	480	450	460	480	560	540	510	480	560
	Х	Номинальный размер, мм	180	160	180	150	240	200	170	260	120	140	190
		Точность	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Р	Номинальный размер, мм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Н	Номинальный размер, мм	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	Ж	Номинальный размер, мм	40	30	30	35	30	30	42	30	30	40	30
	З	Номинальный размер, мм	20	30	20	30	20	35	20	20	35	20	20
	И	Номинальный размер, мм	35	20	30	20	40	20	20	20	20	20	20

Таблица 3.9. Индивидуальные варианты для выполнения задания 3.7

Показатели детали			Вариант										
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Деталь (диск)	Ø А	Номинальный размер, мм	400	500	430	530	520	610	450	550	660	530	610
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Ø Б	Номинальный размер, мм	100	120	80	100	90	140	100	150	100	180	100
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9
	Ø В	Номинальный размер, мм	70	80	60	70	80	120	80	90	70	130	80
		Точность	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Ø Г	Номинальный размер, мм	300	400	330	430	430	520	350	460	560	440	520
		Точность	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Ø Д	Номинальный размер, мм	320	420	350	450	450	540	370	480	580	460	540
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9

Показатели детали		Вариант											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
(диск) (шестерня)	Ø Е	Номинальный размер, мм	350	450	380	480	470	560	400	500	600	480	570
	Ø Ж	Номинальный размер, мм	370	470	400	500	490	580	420	520	620	500	590
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Х	Номинальный размер, мм	140	160	180	150	240	200	170	160	120	140	190
		Точность	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Р	Номинальный размер, мм	200	220	240	210	300	260	230	320	180	200	250
	Н	Номинальный размер, мм	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	К	Номинальный размер, мм	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	И	Номинальный размер, мм	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

3.3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Зубчатые колеса представляют собой цилиндрические или конические детали, на поверхностях которых нарезаны зубья. Предназначены для передачи вращательного движения (чаще значительного крутящего момента) от ведущего вала к ведомому. Если оси этих валов параллельны между собой, то зубчатые колеса имеют цилиндрическую форму, если оси валов перпендикулярны между собой, то зубчатые колеса имеют коническую форму, если же оси валов перекрещиваются, то передача крутящего момента от вала к валу осуществляется посредством червяка и червячного колеса (червячная передача).

Зубчатые колеса работают в нагруженных условиях, так как они не только вращаются с большими окружными скоростями, в высокотемпературных средах, но и нагружены значительными силами. Зубья могут быть с эвольвентным или иным профилем, а сами колеса прямозубые, косозубые, шевронные и др. Расположение зубьев может быть на внешней поверхности (внешнее зацепление) или на внутренней поверхности (внутреннее зацепление). Конструктивно зубчатые колеса содержат различные поверхности:

- **посадочные** — для соединения с валом (цилиндрические, конические или шлицевые);
- **зубчатые** — для зацепления с сопрягаемым зубчатым колесом.
- **вспомогательные** (в виде резьбы) — для установки стопорных винтов, гаек, отверстий для установки штифтов, канавок для стопорных колец, шпоночных пазов и др.

Зубчатые колеса могут иметь форму втулки или вала. Первые имеют центральное отверстие, которое является конструкторской базой. При проектировании технологического процесса изготовления зубчатого колеса это отверстие может служить хорошей технологической базой. Зубчатые колеса в форме вала (вал-шестерня) в большинстве случаев имеют центровые отверстия, которые используются в качестве технологических баз. Однако при малой жесткости деталей или при большой длине вала при нарезании зубьев в качестве технологической базы используют посадочные поверхности под подшипники.

Зубчатые колеса могут быть одношпоночными и многошпоночными, они отличаются по соотношению длины колеса к его наружному диаметру. У многошпоночных зубчатых колес типа втулки длина по-

сачочного отверстия значительно больше его диаметра, что следует учитывать при проектировании технологических процессов изготовления зубчатых колес.

Материал определяется требованиями, предъявляемыми к зубчатому колесу, из условия надежности и долговечности. Он должен быть равномерным по структуре, не допускать прижогов при шлифовании и короблений при термической обработке. Кроме того, материал не должен быть чувствительным к появлению микротрещин и остаточных термических напряжений. Наиболее распространены в этом качестве стальные сплавы, стали или цветные сплавы.

Заготовки получают в основном штамповкой, иногда литьем. Зубчатые колеса, изготовленные из заготовок, полученных методами пластической деформации, являются более надежными в эксплуатации, так как имеют улучшенную структуру материала.

Точность зубчатых колес нормируют по ГОСТ 1643—81, согласно которому для цилиндрических зубчатых колес установлено 12 степеней точности. Так как зубчатые колеса в процессе работы взаимодействуют одно с другим, то к ним предъявляются требования по кинематической точности, по величине и расположению пятна контакта между сопрягаемыми зубчатыми колесами, по величине бокового зазора и др.

Для обработки поверхностей зубчатых колес наиболее часто применяют методы, приведенные в табл. П15.2 [8].

3.4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

При проектировании технологического процесса изготовления зубчатого колеса особое внимание уделяют точности формообразования профиля зубьев и их взаимного расположения относительно базовых поверхностей. Для этого стремятся избежать нарушения принципа совмещения баз (совмещение конструкторских и технологических баз).

Один из возможных вариантов типового технологического маршрута обработки цилиндрического зубчатого колеса, имеющего форму втулки, представлен в виде табл. 3.10 [6].

Как уже упоминалось, для повышения твердости рабочих поверхностей зубчатых колес применяют цементирование этих поверхностей. Типовой технологический процесс изготовления це-

Таблица 3.10. Типовой технологический маршрут обработки цилиндрического зубчатого колеса

Номер операции	Наименование и содержание операции	Технологические базы	Оборудование
05	<i>Токарная:</i> черновая обработка наружных и внутренних поверхностей	Наружная цилиндрическая поверхность и торец	Токарный станок
10	<i>Термическая:</i> отжиг	—	Термическая печь
15	<i>Протяжная:</i> протягивание отверстия (шлицевого, шпоночного)	Поверхность отверстия и торец	Протяжной станок
20	<i>Токарная:</i> полусточная обработка наружных поверхностей	Поверхность цилиндрического отверстия и торец	Токарный станок
25	<i>Токарная:</i> чистовая обработка наружных поверхностей	Поверхность цилиндрического отверстия и торец	Токарный станок
30	<i>Зубофрезерная:</i> черновое нарезание зубьев	Поверхность цилиндрического отверстия и торец	Зубофрезерный станок
35	<i>Термическая:</i> закалка	—	Установка ТВЧ (токов высокой частоты)
40	<i>Шлифовальная:</i> шлифование отверстия и базового торца	Эвольвентная поверхность профиля зубьев и торец	Внутришлифовальный станок
45	<i>Шлифовальная:</i> шлифование другого торца (противоположного)	Крайняя торцевая поверхность	Плоскошлифовальный станок
50	<i>Шлифовальная:</i> шлифование эвольвентной поверхности профиля зубьев	Поверхность цилиндрического отверстия и торец	Зубошлифовальный станок
55	<i>Контрольная:</i> контроль параметров готовой детали	Конструкторские базы	Проверочный стенд

ментрируемого зубчатого колеса, имеющего форму втулки. Делится на следующие этапы:

- термообработка заготовки (нормализация);
- черновая токарная обработка (подрезка торца, растачивание отверстия, обточка верха, подрезка дугевого торца);
- чистовая обработка: протачивание торца, растачивание отверстия, шлифование технологических баз, используемых для нарезания зубьев (желательно с одной установочной базой), обтачивание верха;
- нарезание зубьев и их зачистка;
- покрытие лаком цементруемых поверхностей и меднение;
- термическая обработка (цементация, закалка, отпуск);
- обтачивание омедненных поверхностей, поверхностей под шлифы и резьбу;
- нарезание шлифов или шпоночного паза (протягивание);
- нарезание резьбы, слесарная зачистка;
- шлифование зубьев;
- шлифование посадочных мест под подшипники;
- контроль точности и качества готового зубчатого колеса.

Задание 3.8

По одному из вариантов задания (табл. 3.11) разработать маршрут технологического процесса изготовления цилиндрического зубчатого колеса (рис. 3.8, а) с прямыми зубьями с числом зубьев $z = 51$, степенью точности 7—С из заготовки (рис. 3.8, б), полученной штамповкой в открытом штампе. Материал заготовки — сталь 45, производство крупносерийное. Составить операционные эскизы на основные операции механической обработки.

В качестве примера выполнения задания 3.8 предлагается ознакомиться с технологической схемой изготовления зубчатого колеса типа «втулка», которая представлена в виде табл. 3.12 [5].

Задание 3.9

По одному из вариантов задания (табл. 3.13) выбрать метода обработки зубьев, разработать маршрут технологического процесса изготовления цилиндрического зубчатого колеса (рис. 3.9, а) с пря-

Таблица 3.11. Индивидуальные варианты для выполнения задания 3.8

Показатели детали и заготовки		Вариант											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Деталь	Ø А	Номинальный размер, мм	45	50	55	45	40	35	45	50	55	45	40
		Точность	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Ø Б	Номинальный размер, мм	60	65	70	60	55	50	60	65	70	60	55
		Точность	f11	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9
	Ø В	Номинальный размер, мм	160	165	170	160	155	150	160	165	170	160	155
		Точность	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11
		Ra, мкм	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
	Ø Г	Номинальный размер, мм	190	195	200	190	185	180	190	195	200	190	185
		Точность	f11	f11	h11	d11	f11	d11	f11	h11	d11	h11	f11
		Ra, мкм	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
	Х	Номинальный размер, мм	80	80	84	75	80	70	75	80	83	75	80
Точность		h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	
Ra, мкм		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	

Показатели детали и заготовки			Вариант										
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E	Номинальный размер, мм		20	20	24	25	20	15	15	20	23	17	20
	Ж	Номинальный размер, мм	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Заготовка	$\varnothing B_3$	Номинальный размер, мм	66	72	76	68	62	56	66	72	76	66	62
	$\varnothing \Gamma_3$	Номинальный размер, мм	198	203	208	198	194	188	198	204	208	198	194
	X_3	Номинальный размер, мм	86	86	90	82	86	76	82	88	90	84	88
		Точность	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13
	E_3	Номинальный размер, мм	22	20	20	24	25	20	15	15	20	23	17
	J_3	Номинальный размер, мм	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46

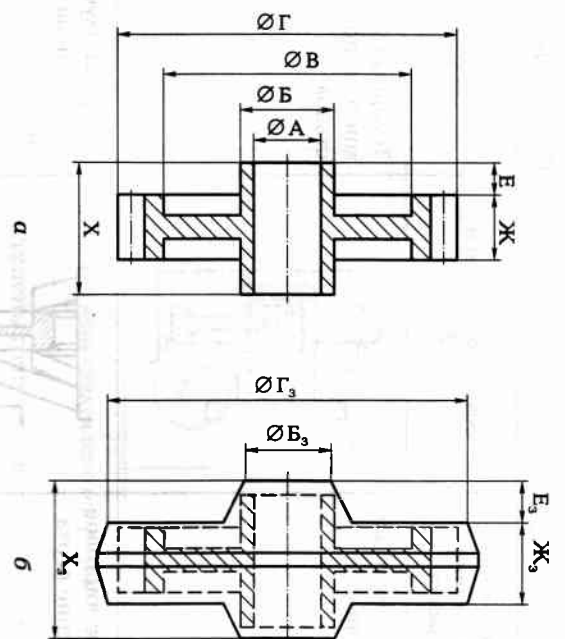
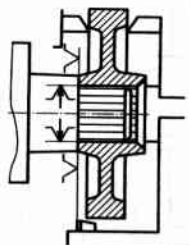
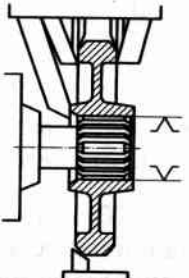
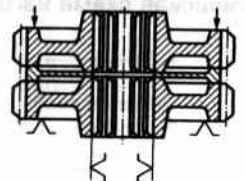
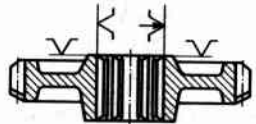
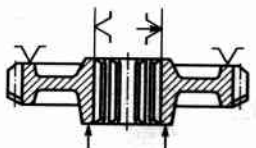


Рис. 3.8. Эскиз обрабатываемого цилиндрического зубчатого колеса:
 a — размеры детали; b — размеры штампованной заготовки

мелки зубьями (число зубьев $z = 38$), с внутренними прямоугольными шлицами. Составить операционные эскизы на основные операции механической обработки, определив место химико-термической обработки типа «втулка»

Таблица 3.12. Технологическая схема изготовления зубчатого колеса типа «втулка»

Наименование и содержание операции	Эскиз механической обработки	Оборудование
Сверлильная (или токарная): сверление центрального отверстия, зенкование (или обтачивание) торца, снятие фаски		Сверлильный (или токарно-револьверный) станок
Протяжная: протягивание центрального отверстия со шлицами		Протяжной станок

Наименование и содержание операции	Эскиз механической обработки	Оборудование
Токарная: черновое обтачивание верха		Токарный (лучше многорезцовый) станок
Токарная: чистовое обтачивание верха		Токарный (лучше многорезцовый) станок
Зубонарезная: нарезание зубьев		Зубофрезерный станок
Фрезерная: закругление зубьев		Станок с ЧПУ
Шевинговальная: шевингование зубьев		Шевинговальный станок

Наименование и содержание операции	Эскиз механической обработки	Оборудование
Притирочная: притирка зубьев		Зубопритирочный станок

Примечание. В таблице не указаны следующие операции: термическая, слесарная, контрольная.

обработки (цементации). Степень точности зубчатого колеса 7—С. Заготовка (рис. 3.9, б) получена штамповкой в открытом штампе из стали 18ХНВА. Твердость сердцевины $HV \geq 330$, твердость цементированной поверхности зубьев $HRC \geq 58$. Производство крупносерийное.

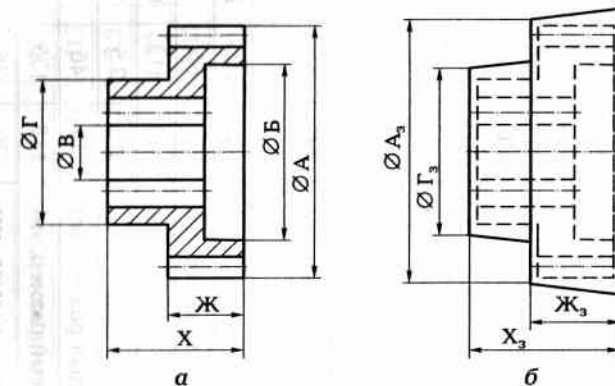


Рис. 3.9. Эскиз обрабатываемого цилиндрического зубчатого колеса с внутренними прямоугольными шлицами:

а — размеры детали; б — размеры штампованной заготовки

Задание 3.10

По одному из вариантов задания (табл. 3.14) выбрать метод обработки зубьев, разработать маршрут технологического процесса изго-

Таблица 3.13. Индивидуальные варианты для выполнения задания 3.9

Показатели детали и заготовки			Вариант										
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Деталь	Ø А	Номинальный размер, мм	110	125	130	120	130	125	135	140	130	120	130
		Точность	f10	h11	d10	f10	h11	d10	f10	h11	d10	f10	h11
		Ra, мкм	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
	Ø Б	Номинальный размер, мм	80	95	100	90	100	95	105	110	100	90	100
		Точность	H11	H11	H12	H11	H11	H12	H11	H11	H12	H11	H11
	Ø В	Номинальный размер, мм	30	35	40	30	40	35	45	50	40	30	40
		Точность	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Ø Г	Номинальный размер, мм	60	65	70	60	70	65	75	80	70	60	70
		Точность	d10	f10	h11	d10	f10	f10	h11	d10	f10	h11	d10
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Х	Номинальный размер, мм	60	65	70	60	70	65	75	80	70	60	70
		Точность	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Ж	Номинальный размер, мм	35	40	45	35	45	40	50	55	45	35	45
Заготовка	Ø А ₃	Номинальный размер, мм	118	135	138	128	138	135	145	148	137	128	140
	Ø Г ₃	Номинальный размер, мм	70	75	78	68	80	75	85	88	78	68	80
	Ж ₃	Номинальный размер, мм	40	46	50	42	52	46	58	60	54	42	52
	Х ₃	Номинальный размер, мм	66	70	75	65	75	70	80	86	78	66	75

Таблица 3.14. Индивидуальные варианты для выполнения задания 3.10

Показатели детали и заготовки			Вариант										
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Деталь	Ø А	Номинальный размер, мм	130	135	130	140	145	130	135	140	130	130	140
		Точность	h10	d12	f11	h10	d12	f11	h10	d12	f11	h10	h10
		Ra, мкм	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
	Ø Б	Номинальный размер, мм	90	95	90	100	105	90	95	100	90	90	100
		Точность	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12
	Ø В	Номинальный размер, мм	30	35	30	40	45	30	35	40	30	30	40
		Точность	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Ø Г	Номинальный размер, мм	60	65	60	70	75	60	65	70	60	60	70
		Точность	f11	h10	d12	f11	h10	d12	f11	h10	d12	f11	h10
		Ra, мкм	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
	Х	Номинальный размер, мм	60	60	65	60	70	75	60	65	70	60	60
		Точность	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Ж	Номинальный размер, мм	35	32	30	35	34	30	32	35	30	30	35
Заготовка	Ø А ₃	Номинальный размер, мм	138	145	138	148	155	138	145	148	136	138	148
	Ø Г ₃	Номинальный размер, мм	70	72	68	78	85	68	75	76	66	66	78
	Ж ₃	Номинальный размер, мм	40	37	35	40	40	36	38	40	34	36	40
	Х ₃	Номинальный размер, мм	66	66	70	66	76	80	65	70	78	66	65

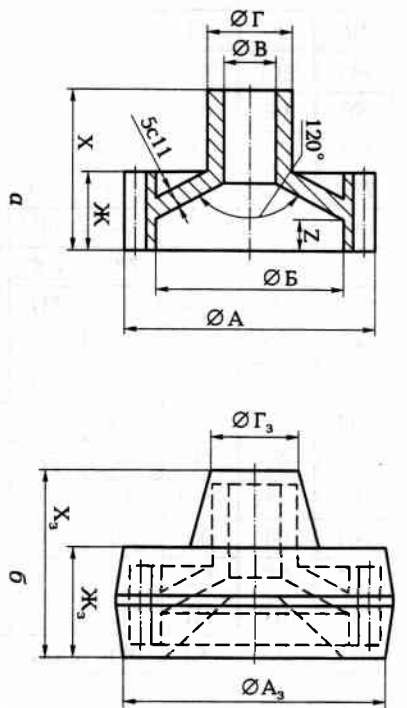


Рис. 3.10. Эскиз обрабатываемого цилиндрического зубчатого колеса с прямыми зубьями:

a — размеры детали; *б* — размеры штампованной заготовки

товления цилиндрического зубчатого колеса (рис. 3.10, *a*) с прямыми зубьями (число зубьев $z = 29$, степенью точности 7—С из заготовки (рис. 3.10, *б*), полуочной штамповкой в открытом штампе. Составить операционные эскизы на основные операции механической обработки, обратив особое внимание на место химико-термической обработки (цементации) и способ защиты нецементированных поверхностей. Материал заготовки — 18ХНВА. Твердость сердцевинны НВ ≥ 330 , твердость цементированной поверхности зубьев НРС ≥ 58 . Производство крупносерийное.

Задание 3.11

По одному из вариантов задания (табл. 3.15) выбрать метод обработки зубьев, разработать маршрут технологического процесса изготовления цилиндрического зубчатого колеса (рис. 3.11, *a*) типа «вал» с прямыми зубьями (число зубьев $z = 32$, степенью точности 7—С из заготовки (рис. 3.11, *б*), полуочной штамповкой на торизонтально-ковочной машине. Составить операционные эскизы на основные операции механической обработки, определить место химико-термической обработки (цементации). Материал заготовки — 18ХНВА. Твердость сердцевинны НВ ≥ 330 , твердость цементированной поверхности зубьев НРС ≥ 58 . Производство крупносерийное.

В качестве примера выполнения задания предлагается ознакомиться с технологической схемой изготовления зубчатого колеса типа «вал», которая представлена в виде табл. 3.16 [5].

Таблица 3.15. Индивидуальные варианты для выполнения задания 3.11

Показатели детали и заготовки		Вариант											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Деталь	Ø А	Номинальный размер, мм	110	115	105	105	105	110	105	105	105	110	105
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Ø Б	Номинальный размер, мм	40	45	40	40	40	45	40	40	40	45	40
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Ø В	Номинальный размер, мм	35	40	35	35	35	40	35	35	35	40	35
		Точность	f9	h9	d9	f9	h9	d9	f9	h9	d9	f9	h9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Ø Г	Номинальный размер, мм	45	50	45	45	45	50	45	45	45	50	45
		Точность	f11	h11	d11	d11	f11	h11	d11	f11	h11	d11	f11
		Ra, мкм	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25
Ø Д	Номинальный размер, мм	40	45	40	40	40	45	40	40	40	45	40	
	Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	
	Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	
M ₁	Номинальный размер, мм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	

Показатели детали и заготовки			Вариант										
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Деталь	M ₂	Номинальный размер, мм	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	Л	Номинальный размер, мм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	И	Номинальный размер, мм	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	О	Номинальный размер, мм	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Х	Номинальный размер, мм	300	310	320	330	300	300	330	300	310	300	340
		Точность	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12
		Ra, мкм	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
	Ж	Номинальный размер, мм	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Р	Номинальный размер, мм	120	130	140	150	120	120	150	120	120	120	160	
Заготовка	ØA ₃	Номинальный размер, мм	118	122	112	112	112	118	114	112	110	118	112
	ØB ₃	Номинальный размер, мм	42	46	44	42	44	48	42	42	44	48	44
	ØB ₃	Номинальный размер, мм	46	45	50	48	46	52	48	50	50	55	50
	X ₃	Номинальный размер, мм	308	320	330	338	310	308	340	310	316	310	350
	H ₃	Номинальный размер, мм	70	80	90	100	70	70	100	70	70	70	100
	Ж ₃	Номинальный размер, мм	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
	K ₃	Номинальный размер, мм	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

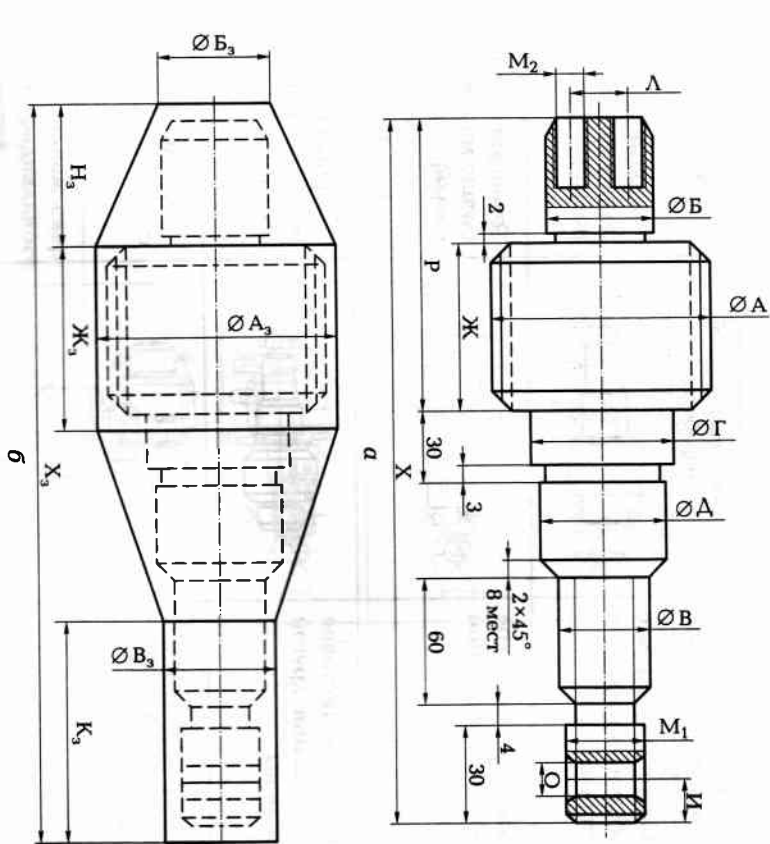
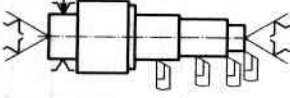
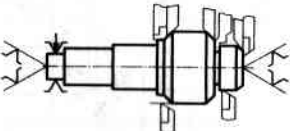
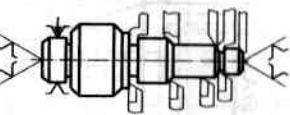
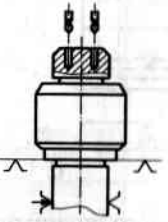
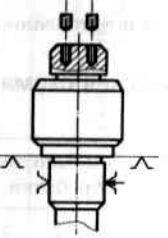
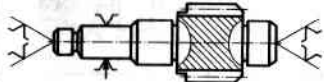
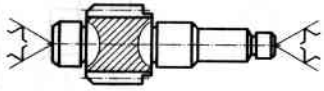


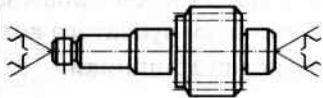
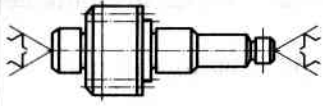
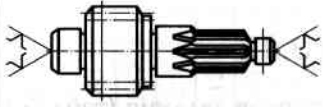
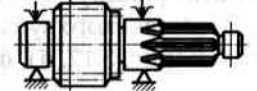
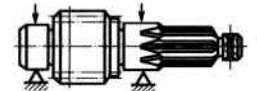
Рис. 3.11. Эскиз обрабатываемого цилиндрического зубчатого колеса типа «вал»:

a — размеры детали; б — размеры штампованной на ТКМ заготовки

Таблица 3.16. Технологическая схема изготовления зубчатого колеса типа «вал»

Наименование и содержание операции	Эскиз механической обработки	Оборудование
Фрезерно-центровальная: фрезерование и центрирование торцов		Фрезерно-центровальный станок
Токарная: черновое обрабатывание одной стороны		Токарный станок (лучше многорезцовый)

Наименование и содержание операции	Эскиз механической обработки	Оборудование
<i>Токарная:</i> черновое обтачивание другой стороны		Токарный станок (лучше многорезцовый)
<i>Токарная:</i> чистовое обтачивание одной стороны		Токарный станок (лучше многорезцовый)
<i>Токарная:</i> чистовое обтачивание другой стороны		Токарный станок (лучше многорезцовый)
<i>Сверлильная:</i> сверление двух отверстий на торце		Сверлильный станок
<i>Слесарная:</i> нарезание резьбы в двух отверстиях		Сверлильный станок с резьбонарезной головкой (или верстак слесаря)
<i>Зубонарезная:</i> нарезание зубьев		Зубофрезерный станок
<i>Шевинговальная:</i> шевингование зубьев		Зубошевинговальный станок

Наименование и содержание операции	Эскиз механической обработки	Оборудование
<i>Круглошлифовальная:</i> шлифование шейки и торца с одной стороны		Круглошлифовальный станок
<i>Круглошлифовальная:</i> шлифование шейки с другой стороны и поверхности под шлицы		Круглошлифовальный станок
<i>Шлицефрезерная:</i> фрезерование шлицов		Шлицефрезерный станок
<i>Резьбонарезная:</i> нарезание наружной резьбы		Токарный (или резьбофрезерный) станок
<i>Сверлильная:</i> сверление радиального отверстия		Вертикально-сверлильный станок

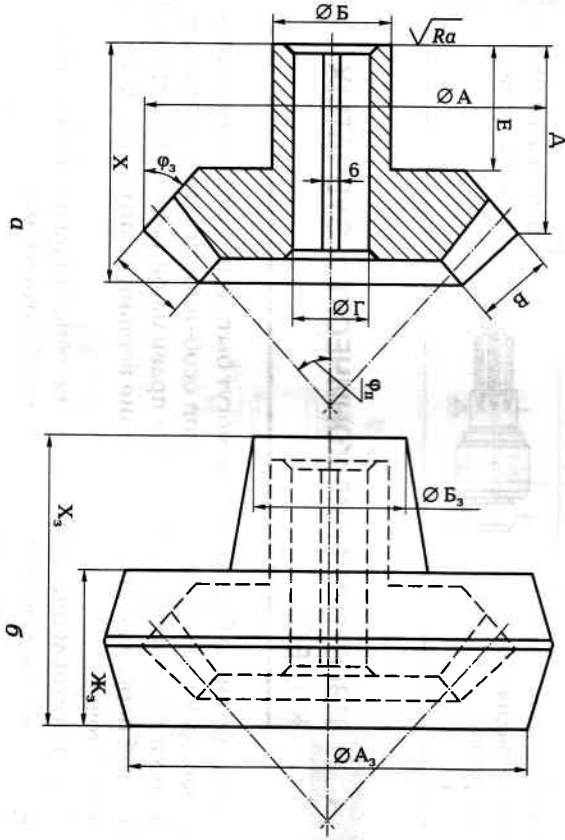
3.5. ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОНИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Конические зубчатые колеса могут быть типа «вал» и типа «втулка», каждый из которых имеет свои особенности технологического процесса изготовления. Условием правильной работы конической зубчатой пары является совмещение вершин делительных конусов в одной точке.

При изготовлении зубчатых колес типа «втулка» особое внимание уделяют следующим элементам зубчатого колеса:

- посадочному отверстию;
- опорному торцу;
- расстоянию от базового торца до линии пересечения переднего и заднего конусов;

Рис. 3.12. Эскиз обрабатываемого прямозубого конического зубчатого колеса типа «втулка»:
 а — размеры детали; б — размеры штампованной заготовки



- наружному диаметру зубчатого венца;
 - ширине венца;
 - углу переднего и заднего конусов зубчатого венца.
- При изготовлении зубчатых колес типа «вал» особое внимание уделяют следующим элементам зубчатого колеса:
- посадочным шейкам под подшипники;
 - опорному торцу;
 - расстоянию от базового торца до линии пересечения переднего и заднего конусов;
 - наружному диаметру зубчатого венца;
 - ширине венца;
 - углу переднего и заднего конусов зубчатого венца.

Задание 3.12

По одному из вариантов задания (табл. 3.17) выбрать метод обработки зубьев, разработать маршрут технологического процесса изготовления прямозубого конического зубчатого колеса типа «втулка» (рис. 3.12, а) из заготовки (рис. 3.12, б), полученной штамповкой

Таблица 3.17. Индивидуальные варианты для выполнения задания 3.12

Показатели детали и заготовки		Вариант											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Деталь	Ø А	Номинальный размер, мм	120	130	140	130	120	140	120	130	140	150	120
	Ø Б	Номинальный размер, мм	80	85	90	85	80	90	80	82	85	88	90
		Точность	f11	h12	d12	f11	h12	d12	f11	h12	d12	f11	h12
	Ø Г	Номинальный размер, мм	40	45	50	45	40	50	40	42	45	48	50
		Точность	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	X	Номинальный размер, мм	60	65	70	65	60	75	60	65	70	75	60
		Точность	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	В	Номинальный размер, мм	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	Д	Номинальный размер, мм	50	55	60	55	50	65	50	55	60	65	50
	Е	Номинальный размер, мм	40	45	50	45	40	55	40	45	50	55	50
	φп	Номинальное значение, ...°	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
	φз	Номинальное значение, ...°	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Заготовка	Ø Аз	Номинальный размер, мм	130	140	150	140	130	150	130	140	150	160	130
	Ø Бз	Номинальный размер, мм	90	95	98	94	88	98	88	90	95	95	98
	Жз	Номинальный размер, мм	30	28	30	26	28	30	28	30	26	30	28
	Хз	Номинальный размер, мм	70	74	78	72	68	83	68	75	78	85	66

на горизонтально-ковочной машине. Число зубьев 37, степень точности 8. Составить операционные эскизы на основные операции механической обработки, определив место химико-термической обработки (цементации) и способ защиты нецементированных поверхностей. Материал заготовки — 18ХНВА. Твердость сердцевины $HV \geq 330$, твердость цементированной поверхности зубьев $HRC \geq 58$. Производство крупносерийное.

В качестве примера выполнения задания предлагается ознакомиться с технологической схемой изготовления конического зубчатого колеса типа «втулка», основные этапы которой представлены в виде табл. 3.18 [5].

Таблица 3.18. Основные этапы технологической схемы изготовления конического зубчатого колеса типа «втулка»

Наименование и содержание операции	Эскиз механической обработки	Оборудование
<i>Сверлильная (или токарная):</i> сверление центрального отверстия и подрезание торца		Вертикально-сверлильный (или токарно-револьверный) станок)
<i>Протяжная:</i> протягивание цилиндрического отверстия; протягивание шпоночного паза		Протяжной станок
<i>Токарная:</i> обтачивание наружной поверхности, подрезание базового торца, снятие фасок		Токарный (или токарно-револьверный) станок
<i>Токарная:</i> обтачивание переднего и заднего конусов, подрезание второго торца, снятие фасок		Токарный (или токарно-револьверный) станок

Окончание табл. 3.18

Наименование и содержание операции	Эскиз механической обработки	Оборудование
<i>Зубонарезная:</i> предварительное нарезание зубьев		Горизонтально-фрезерный станок
<i>Зубострогальная:</i> чистовое строгание зубьев		Зубострогальный станок

Примечания: 1. Отдельные этапы могут состоять из нескольких операций.

2. В таблице не указаны слесарные операции, операция обкатки, контрольная операция.

Задание 3.13

По одному из вариантов задания (табл. 3.19) разработать маршрут технологического процесса изготовления прямозубого конического зубчатого колеса типа «вал» (рис. 3.13, а) из заготовки (рис. 3.13, б), полученной штамповкой на горизонтально-ковочной машине. Составить операционные эскизы на основные операции механической обработки. Число зубьев 16, степень точности 9. Материал заготовки — 18ХНВА. Производство крупносерийное.

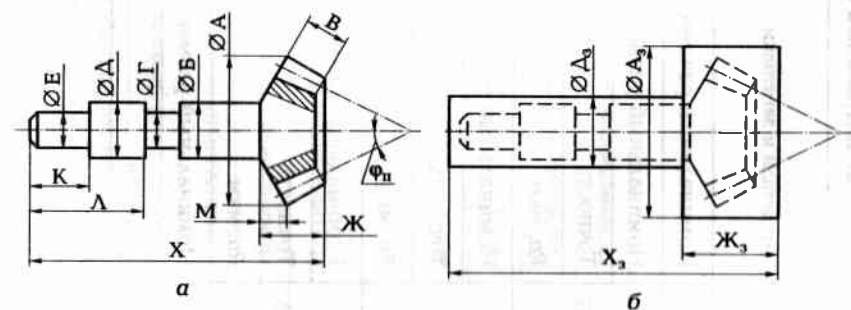


Рис. 3.13. Эскиз обрабатываемого прямозубого конического зубчатого колеса типа «вал»:

а — размеры детали; б — размеры штампованной заготовки

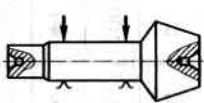
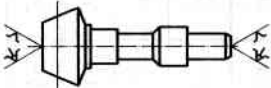
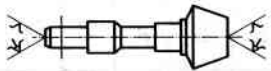
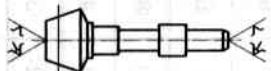
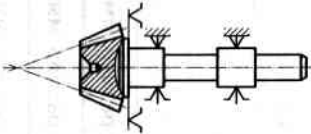
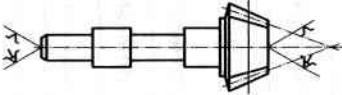
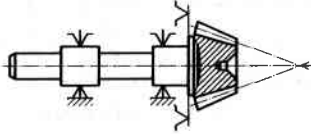
Таблица 3.19. Индивидуальные варианты для выполнения задания 3.13

Показатели детали и заготовки			Вариант										
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Деталь	Ø А	Номинальный размер, мм	60	70	80	70	60	80	90	80	70	75	90
		Ø Б	Номинальный размер, мм	30	35	40	35	30	40	40	35	30	35
	Ø Б	Точность	f9	h9	d9	f9	h9	d9	f9	h9	d9	f9	h9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Ø Г	Номинальный размер, мм	25	30	35	30	25	35	35	30	25	30	35
		Точность	f11	h11	d11	f11	f11	h11	d11	f11	f11	h11	d11
		Ra, мкм	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
	Ø Д	Номинальный размер, мм	30	35	40	35	30	40	40	35	30	35	40
		Точность	f9	h9	d9	f9	h9	d9	f9	h9	d9	f9	h9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Ø Е	Номинальный размер, мм	25	30	35	30	25	35	35	30	25	30	35
		Точность	h11	d11	f11	h11	d11	f11	h11	d11	f11	h11	d11
		Ra, мкм	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
	Ж	Номинальный размер, мм	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

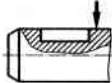
	X	Номинальный размер, мм	200	210	220	230	240	250	200	240	200	220	230
	B	Номинальный размер, мм	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	M	Номинальный размер, мм	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	K	Номинальный размер, мм	30	35	50	40	60	70	40	50	40	60	65
	Л	Номинальный размер, мм	60	70	100	80	75	70	60	100	80	90	110
	Ф _п	Номинальный размер, ...°	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Ф _з	Номинальный размер, ...°	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Заготовка	Ø А _з	Номинальный размер, мм	70	80	90	80	70	90	100	90	80	85
Ø Б _з		Номинальный размер, мм	38	44	48	45	36	48	46	45	38	44	48
Ж _з		Номинальный размер, мм	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Х _з		Номинальный размер, мм	210	220	230	240	250	260	210	250	210	230	240

В качестве примера выполнения задания предлагается ознакомиться с технологической схемой изготовления конического зубчатого колеса типа «вал», основные этапы которой представлены в виде табл. 3.20 [5].

Таблица 3.20. Основные этапы технологической схемы изготовления конического зубчатого колеса типа «вал»

Наименование и содержание операции	Эскиз механической обработки	Оборудование
Фрезерно-центровальная: фрезерование торцов и сверление центровых отверстий		Фрезерно-центровочный станок
Токарная: обработка хвостовика		Токарный станок (лучше многорезцовый)
Токарная: обработка конусов зубчатого колеса		Токарный станок
Круглошлифовальная: предварительное шлифование шеек		Круглошлифовальный станок
Зуборезная: предварительное нарезание зубьев, чистовое нарезание зубьев		Зуборезный станок
Круглошлифовальная: чистовое шлифование шеек		Круглошлифовальный станок
Зубошлифовальная: шлифование зубьев		Зубошлифовальный станок

Окончание табл. 3.20

Наименование и содержание операции	Эскиз механической обработки	Оборудование
Фрезерная: фрезерование шпоночного паза		Вертикально-фрезерный станок

Примечания: 1. Отдельные этапы могут состоять из нескольких операций.

2. В таблице не указаны операция термической обработки, слесарная операция по восстановлению центровых фасок после термической обработки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные способы базирования заготовок при изготовлении валов.
2. Назовите основные этапы изготовления валов.
3. Охарактеризуйте приспособление люнет и объясните его назначение.
4. Какие поверхности заготовок для валов используют в качестве первичной установочной базы при их обработке на металлорежущих станках?
5. Перечислите способы базирования заготовок для дисков при механической обработке.
6. Перечислите основные этапы изготовления дисков.
7. Перечислите основные этапы изготовления зубчатых колес типа «втулка».
8. Перечислите основные этапы изготовления конических зубчатых колес.
9. Назовите основные этапы изготовления конических зубчатых колес.
10. Назовите основные методы обработки профиля зубьев зубчатых колес.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОЛЬЦЕВЫХ ДЕТАЛЕЙ

Кольцевые детали характеризуются достаточно большим соотношением диаметра и длины (высоты) и сложностью профиля поперечного сечения. Используются для фланцевых соединений трубопроводов большого диаметра, воздухопроводов, обечаек (изготовленных из листового материала) и т. п. Кроме того, кольцевую форму имеют отдельные детали реактивных двигателей, газовых турбин и компрессоров, например фланцы камер сгорания.

Требования к кольцевым деталям определяются их назначением. Точность формы достигается в основном механической обработкой кольцевой заготовки. Нерабочие поверхности в ряде случаев допускается не обрабатывать путем снятия стружки, т. е. качество этих поверхностей остается таким, каким оно было у заготовки, поступившей на механическую обработку.

Для изготовления кольцевых деталей могут использоваться сплавы алюминия, титановые сплавы, углеродистые стали, легированные стали, жаропрочные стали. Выбор того или иного материала определяется условиями работы кольцевой детали.

Основная часть работ по изготовлению кольцевых деталей относится к этапу получения заготовки, которую получают следующими методами:

- отливкой;
- ковкой;
- раскаткой;
- гибкой профильной полосы с последующей сваркой;
- гибкой круглого прутка с последующей сваркой и штамповкой;
- ротационным обжатием и др.

Отливку колец производят или в земляные формы, при единичном производстве, или центробежным литьем в металлические

формы (кокиль), когда можно получить заготовку в виде короткой трубы для нескольких деталей.

Ковкой получают заготовки для кольцевых деталей в единичном производстве или когда нет другого оборудования. Заготовкой может служить отливка в земляную форму или мерный кусок материала с центральным отверстием. При этом может быть как свободная ковка, так и в штампах под молотом или прессом.

Раскатку нагретых до ковочной температуры заготовок производят на специальной раскатной машине. Исходная кольцевая заготовка получается ковкой или отливкой центробежным способом. Перед раскаткой производят обдирку на токарном станке для снятия дефектного слоя материала.

Гибка кольцевых заготовок из профильных полос с последующей сваркой стыков является достаточно производительным методом. Исходной заготовкой для гибки служит профильная полоса, получаемая прокаткой или горячим прессованием. Заготовки могут состоять из полуколец (два стыка сварных шва) или быть замкнутыми (один стык и сварной шов). Гибку производят на профилегибочной машине. После гибки и подготовки стыков производят стыковую сварку. Хорошее качество сварного шва и высокую производительность обеспечивает сварка встык с оплавлением.

Гибку круглого прутка с последующей сваркой и штамповкой применяют в тех случаях, когда поперечное сечение кольцевой детали имеет сложную форму, например типа крестовины. В этих случаях при гибке в наружном контуре заготовки могут появиться трещины или разрывы, а на внутренний контур может иметь сборки, складки или гофры. В качестве исходной заготовки лучше выбрать прутки круглого сечения, диаметр и длина которого подбирается по равенству объему кольцевой заготовки после штамповки. Мерный прутки изгибают в кольцо с одним стыком. Используют стыковую сварку с оплавлением. Окончательную форму поперечного сечения заготовки получают в штампе под молотом или прессом.

Ротационное обжатие кольцевых заготовок является наиболее производительным методом. Этот метод позволяет получать заготовки большого диаметра с малым припуском на обработку.

Процесс получения заготовок методом ротационного обжатия состоит из следующих этапов.

1. Разрезка листа на полосы, например, на гильотинных ножницах.
2. Гибка полосовой заготовки в кольцо (или полукольца).
3. Подготовка стыков под сварку.
4. Сварка стыков кольца (или полуколец).

5. Ротационное обжатие торцов.
6. Термофиксация заготовки.
7. Очистка заготовки от окалины.
8. Контроль качества сварного шва.
9. Механическая обработка заготовки.
10. Контроль готовой кольцевой детали.

Задание 4.1

По одному из вариантов задания (табл. 4.1) разработать технологический процесс получения заготовки для изготовления кольцевой детали (рис. 4.1) из листовой стали в условиях серийного производства. Рассчитать размеры исходного материала и составить операционные эскизы на основные этапы получения заготовки.

Краткие методические указания к выполнению задания

1. Как следует из рис. 4.1, в качестве исходной заготовки можно выбрать листовую материал толщиной 5 мм, который необходимо раскроить на исходные заготовки, а затем придать ей на гибочной машине кольцевую форму.
2. После стыковой сварки гнутой листовой полосы в кольцо и зачистки сварного шва следует обратить внимание (или взять) на метод ротационного обжатия с применением в качестве приспособления для осаживания края листовой заготовки ролика, изготовленного из твердой стали.

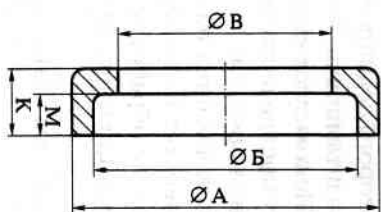


Рис. 4.1. Эскиз кольцевой детали, изготавливаемой из листового материала

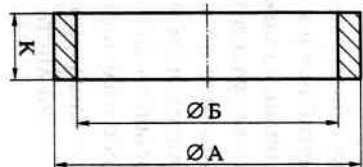


Рис. 4.2. Эскиз кольцевой детали, изготавливаемой из листовой стали

Таблица 4.1. Индивидуальные варианты для выполнения задания 4.1

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ø A	Номинальный размер, мм	640	600	580	550	500	620	610	650	640	680	420
	Точность	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11
Ø B	Номинальный размер, мм	630	590	570	540	490	610	600	640	630	670	410
	Точность	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11
Ra, мкм		3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
		3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Ø B	Номинальный размер, мм	610	570	550	520	470	590	580	620	610	650	390
	Точность	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10
Ra, мкм		3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
		3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
K	Номинальный размер, мм	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Точность	d11	d11	d11	d11	d11	d11	d11	d11	d11	d11	d11
Ra, мкм		6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
		6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
M	Номинальный размер, мм	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Точность	H13	H13	H13	H13	H13	H13	H13	H13	H13	H13	H13
Ra, мкм		6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
		6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2

Задание 4.2

По одному из вариантов задания (табл. 4.2) разработать технологический процесс получения заготовки для изготовления кольцевой детали (рис. 4.2) из листовой стали в условиях серийного производства. Рассчитать размеры исходного материала и составить операционные эскизы на основные этапы получения заготовки. На готовой детали допускается иметь два сварных шва встык.

Задание 4.3

По одному из вариантов задания (табл. 4.3) разработать технологический процесс получения кольцевой заготовки (рис. 4.3) из стали 20 в условиях серийного производства. Рассчитать размеры исходной заготовки и составить операционные эскизы на основные этапы получения кольцевой заготовки. На заготовке допускается иметь один сварной шов.

Задание 4.4

По одному из вариантов задания (табл. 4.4) разработать технологический процесс получения экономически выгодной заготовки для кольцевой детали (рис. 4.4) с фасонным профилем из стали 38ХА в условиях серийного производства. Рассчитать размеры

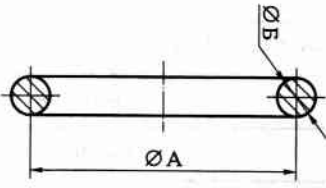


Рис. 4.3. Эскиз кольцевой заготовки

Рис. 4.4. Эскиз кольцевой детали с фасонным профилем

Таблица 4.2. Индивидуальные варианты для выполнения задания 4.2

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ØA	Номинальный размер, мм	420	500	520	510	550	440	610	450	640	580	420
	Точность	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11
ØБ	Номинальный размер, мм	610	490	510	500	540	430	600	440	630	570	410
	Ra, мкм	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
K	Номинальный размер, мм	25	35	15	20	15	25	30	15	25	15	35
	Точность	d11	d11	d11	d11	d11	d11	d11	d11	d11	d11	d11
	Ra, мкм	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2

Таблица 4.3. Индивидуальные варианты для выполнения задания 4.3

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ØA	Номинальный размер, мм	420	500	520	510	550	440	610	450	640	580	420
	Точность	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13
ØБ	Номинальный размер, мм	10	15	12	10	12	10	20	12	20	15	10
	Точность	f12	h12	d12	f12	h12	d12	f12	h12	d12	f12	h12
	Ra, мкм	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2

Таблица 4.4. Индивидуальные варианты для выполнения задания 4.4

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ø А	Номинальный размер, мм	650	500	520	510	550	440	610	450	640	580	420
	Точность	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13
Ø Б	Номинальный размер, мм	630	480	500	490	530	420	600	430	630	560	400
	Точность	f12	h12	d12	f12	h12	d12	f12	h12	d12	f12	h12
	Ra, мкм	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Ø В	Номинальный размер, мм	610	460	480	470	510	400	580	410	610	540	380
	Точность	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12
	Ra, мкм	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
Ø Г	Номинальный размер, мм	620	470	490	480	520	410	590	420	620	550	390
	Точность	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12
	Ra, мкм	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
К	Номинальный размер, мм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Точность	d12	f12	h12	d12	d12	f12	h12	d12	f12	h12	d12
	Ra, мкм	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
Н	Номинальный размер, мм	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
М	Номинальный размер, мм	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Таблица 4.5. Индивидуальные варианты для выполнения задания 4.5

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ø А	Номинальный размер, мм	440	610	450	640	550	400	580	410	610	540	380
	Точность	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13
Ø Б	Номинальный размер, мм	410	580	420	610	520	370	550	380	580	510	350
	Точность	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12
	Ra, мкм	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Ø В	Номинальный размер, мм	420	590	430	620	530	380	560	390	590	520	360
	Точность	d12	f12	h12	d12	f12	d12	f12	h12	d12	f12	d12
	Ra, мкм	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
К	Номинальный размер, мм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Точность	d12	f12	h12	d12	d12	f12	h12	d12	f12	h12	d12
	Ra, мкм	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
М	Номинальный размер, мм	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

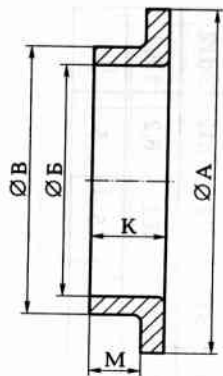


Рис. 4.5. Эскиз кольцевой детали

исходной заготовки и составить операционные эскизы на основные этапы получения кольцевой заготовки. Объяснить причину выбора данного способа получения кольцевой заготовки. На заготовке допускается иметь один сварной шов встык.

Задание 4.5

По одному из вариантов задания (табл. 4.5) разработать технологический процесс получения заготовки для кольцевой детали (рис. 4.5) из стали ЭП415 методом ротационного обжатия в условиях серийного производства. Изобразить исходную заготовку и рассчитать ее размеры. Составить операционные эскизы на основные этапы получения кольцевой заготовки. Изобразить схему взаимодействия обжимного ролика с исходной заготовкой. На заготовке допускается иметь один сварной шов встык.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте оценку технологичности кольцевой детали.
2. Назовите основные способы получения заготовок для кольцевых деталей.
3. Перечислите основные этапы изготовления кольцевых деталей из листового материала.
4. Перечислите основные этапы изготовления кольцевых деталей из круглой заготовки в виде прутка.
5. Перечислите основные этапы изготовления кольцевых деталей из профильного материала.
6. Какие виды сварки используют при изготовлении кольцевых деталей?
7. Каковы особенности базирования заготовок для кольцевых деталей при механической обработке?
8. Охарактеризуйте метод получения заготовок для кольцевых деталей методом ротационного обжатия.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Листовой материал широко применяется для изготовления топливных баков, обшивок самолетов и вертолетов, кузовов автомобилей и других машин, различных труб и патрубков, эжекторов, печей и др.

Особенностью сборочных единиц из листового материала является то, что для соединения деталей часто применяют сварку или пайку. Даже при фланцевом соединении, в котором используют резьбовые детали, фланцы, представляющие собой кольцевые детали, приваривают к соединяемым деталям из листового материала.

От деталей из листового материала требуются точность формы и размеров, качество поверхности и покрытия, а также достаточная прочность. Сварные соединения, работающие под давлением жидкости или газа, должны быть герметичны, с высоким качеством и прочностью сварного шва. К поверхностям деталей, работающих в потоках жидкости или газа, предъявляются требования к шероховатости и отсутствию гофров, складок и других поверхностных дефектов, которые будут создавать дополнительные потери мощности на преодоление трения.

Условия работы изделия определяют требования к материалам, которые должны обладать хорошей пластичностью, свариваемостью, сопротивляемостью коррозии от агрессивных сред, в ряде случаев — легкостью, а также хорошо обрабатываться на металло-режущих станках.

Материал поступает от производителя в виде листов большого размера или ленты, свернутой в бухты, в отожженном и протравленном состоянии, т. е. в готовом виде.

Особенностью технологического процесса изготовления деталей из листового материала является большой объем работ по раскрою

Листа с минимальными отходами и формообразование элементов конструкции, которые часто имеют форму оболочек.

Типовой технологический процесс изготовления деталей типа оболочки состоит из следующих этапов:

- раскрой (разрезка) листового материала с минимумом отходов;
- подготовка листового полуфабриката к вырубке (или вырезке) плоских заготовок;
- вырубка (или вырезка) плоских заготовок;
- подготовка плоских заготовок к вытяжке или тибке;
- формообразование заготовки (вытяжка или тибка);
- механическая обработка перед сваркой или пайкой;
- обработка имеющихся отверстий или углублений;
- сборка деталей под сварку или пайку;
- сварка или пайка;
- механическая обработка после сварки или пайки;
- нанесение требуемых покрытий;
- контроль точности и качества готовой детали.

Наиболее часто встречаются следующие дефекты деталей из листовых материалов, в которых использованы сварные или паяные соединения:

- недостаточное заполнение присадочным материалом сварных швов;
- наплывы присадочного материала или припой;
- подрезы основного материала;
- глубокие незаделанные кратеры;
- расплавление кромок;
- шлаковые включения в сварном шве;
- деформации и коробления;
- трещины различных размеров.

Задание 5.1

По одному из вариантов задания (табл. 5.1) разработать технологический процесс получения заготовки для детали (рис. 5.1) из стали Øвк толщиной 2,5 мм. Рассчитать размеры исходной заготовки, составить операционные эскизы и схему получения гофров, обеспечивающую требуемую точность.

Таблица 5.1. Индивидуальные варианты для выполнения задания 5.1

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ø А	Номинальный размер, мм	800	750	810	780	820	760	700	810	760	780	820
	Точность	H13	H13	H13	H13	H13	H13	H13	H13	H13	H13	H13
Ø Б	Номинальный размер, мм	410	580	420	610	520	370	550	380	580	510	350
Д	Номинальный размер, мм	600	590	430	620	530	380	560	390	590	520	360
	Точность	d12	f12	h12	d12	f12	d12	f12	h12	d12	f12	d12
	Ra, мкм	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
Rн	Номинальный размер, мм	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	Точность	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13
Rв	Номинальный размер, мм	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	Точность	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13

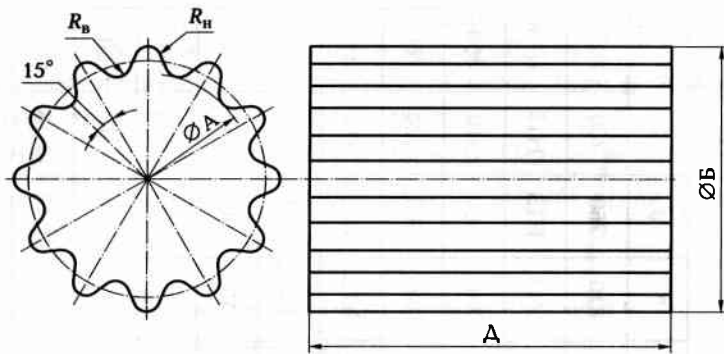


Рис. 5.1. Эскиз детали из листовой стали

Краткие методические указания к выполнению задания

Для определения формы и размеров плоской заготовки целесообразно применить метод равенства площадей.

Вырубку плоских заготовок для дальнейшей штамповки можно произвести на гильотинных ножницах.

Для исключения сухого трения листового материала о поверхности прижима, матрицы и пуансона необходимо перед штамповкой-вытяжкой смазать плоские заготовки маслом или графитовой смазкой. Однако лучшие результаты получаются при покрытии плоской заготовки тонким слоем перхлорвинилового лака с последующей смазкой плоских поверхностей заготовки маслом.

В данном случае следует применить процесс гибки без предварительного нагрева заготовки, так как толщина материала не превышает 6 мм.

Механическая обработка перед сваркой или пайкой производится после термической обработки заготовки. При стыковой сварке необходимо снять фаски под углом 45° , так как толщина материала больше 3 мм. Свариваемые кромки следует механически обработать с целью устранения всех неровностей вдоль сварного шва.

Перед сваркой заготовку устанавливают и закрепляют в специальном приспособлении, обеспечивающем точность взаимного расположения свариваемых частей.

Для стыковой сварки относительно тонких листовых материалов применяют чаще всего аргодуговую сварку. При более толстых заготовках можно рекомендовать к применению плазменную сварку.

Механическая обработка после сварки или пайки производится на токарных или токарно-карусельных станках. Приспособление должно обеспечивать точную установку заготовки, а при ее закреплении не должно быть деформаций и искажения формы заготовки.

Задание 5.2

По одному из вариантов задания (табл. 5.2) разработать маршрут технологического процесса изготовления шарового баллона (рис. 5.2) из стали 08кп толщиной 4 мм с одним сварным швом встык. Рассчитать размеры исходных заготовок и составить операционные эскизы на основные операции.

Краткие методические указания к выполнению задания

Отверстия в заготовке из листового материала можно получить сверлением или пробить в штампе. В данном случае целесообразно отверстие предварительно просверлить. Диаметр отверстия следует согласовать с диаметром направляющей части пуансона для отбортовки отверстия.

Отбортовку отверстия (ΦB) можно выполнить в штампе с использованием одного пуансона, диаметр направляющей части которого согласован с диаметром сверла, используемого при предварительном сверлении отверстия.

Размер K , параметры точности и шероховатости следует обеспечить при механической обработке.

Для проверки прочности и герметичности сварного шва необходимо после сварки провести испытания шарового баллона под определенным давлением.

Задание 5.3

По одному из вариантов задания (табл. 5.3) рассчитать размеры исходной заготовки для изготовления детали (рис. 5.3) из титанового сплава ВТ5, число и последовательность операций вытяжки,

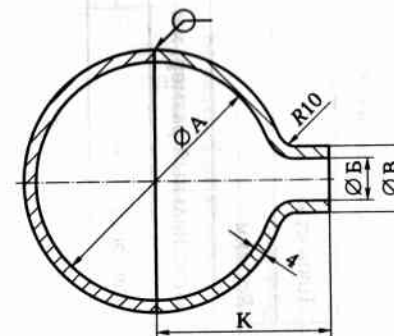


Рис. 5.2. Чертеж шарового баллона из листовой стали

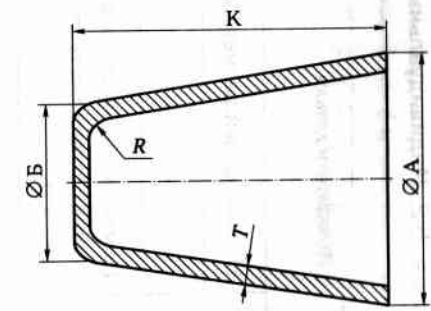


Рис. 5.3. Чертеж детали, получаемой глубокой вытяжкой

Таблица 5.2. Индивидуальные варианты для выполнения задания 5.2

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ø А	Номинальный размер, мм	400	450	500	480	520	560	600	510	560	480	420
	Точность	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10
Ø Б	Номинальный размер, мм	10	12	14	15	20	10	20	14	16	18	20
	Точность	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11
	Ra, мкм	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Ø В	Номинальный размер, мм	18	20	22	23	28	18	28	22	24	26	28
	Точность	d12	f12	h12	d12	f12	d12	f12	h12	d12	f12	d12
	Ra, мкм	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
К	Номинальный размер, мм	215	240	265	255	275	295	315	270	295	255	225
	Точность	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13

Таблица 5.3. Индивидуальные варианты для выполнения задания 5.3

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ø А	Номинальный размер, мм	800	700	500	480	620	300	600	510	560	480	420
	Точность	d12	f12	h12	h12	d12	f12	h12	h12	f12	f12	f12
Ø Б	Номинальный размер, мм	300	310	320	310	400	200	380	300	320	280	200
	Точность	f12	d12	f12	h12	h12	d12	f12	f12	f12	d12	f12
	Ra, мкм	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
К	Номинальный размер, мм	550	600	500	250	400	550	600	500	250	400	600
	Точность	h12	d12	f12	d12	f12	h12	h12	d12	f12	d12	f12
	Ra, мкм	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
R	Номинальный размер, мм	10	8	10	8	10	8	10	8	10	8	10
	Точность	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13
T	Номинальный размер, мм	2	1,5	2	1,5	2	1,5	2	1,5	2	1,5	2

используя среднестатистическую информацию, содержащуюся в табл. П16.1. Составить схему штамповки для одной из операций.

Краткие методические указания к выполнению задания

Так как деталь имеет форму оболочки, то необходимо применить штамповку-вытяжку в несколько операций.

Коэффициент вытяжки представляет собой отношение диаметра заготовки перед штамповкой-вытяжкой к диаметру, полученному в результате штамповки-вытяжки. Так, например, для первой операции — вытяжки коэффициент вытяжки:

$$p_0 = d_1/d_0,$$

где d_1 — диаметр детали после первой вытяжки; d_0 — диаметр плоской исходной заготовки.

Значение коэффициентов вытяжки можно получить путем несложных расчетов, но лучше воспользоваться среднестатистическими данными из табл. П16.1.

Следует помнить, что принятие более высоких значений коэффициента вытяжки может привести к образованию трещин или неравнотолщинности материала по длине детали.

Для снятия внутренних напряжений, возникших в материале заготовки в результате деформаций при штамповке, необходимо проводить термообработку заготовки после каждой операции штамповки.

После термообработки необходимо удалить окалину, например пескоструйной обработкой или травлением.

Перед каждой операцией вытяжки необходимо проводить подготовку заготовки к штамповке, т. е. покрывать поверхности заготовки лаком, а затем смазывать их маслом.

Для устранения возникшего коробления детали следует провести ее калибровку, например в штампе или на термической установке.

Задание 5.4

По одному из вариантов задания (табл. 5.4) разработать схему изготовления фасонной детали (рис. 5.4) из листового материала 1Х18Н9Т при условии, что на поверхности детали не должно быть сварных швов. Составить эскизы технологической оснастки и наладки операции изготовления детали. Рассчитать размеры исходной заготовки.

214

Таблица 5.4. Индивидуальные варианты для выполнения задания 5.4

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ø А	Номинальный размер, мм	450	440	500	490	480	460	510	490	450	500	510
	Точность	h12	d12	f12	d12	f12	h12	h12	d12	f12	d12	f12
Ø Б	Номинальный размер, мм	200	220	250	240	230	240	300	300	280	320	330
	Точность	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12
Ø В	Номинальный размер, мм	400	390	460	420	400	390	460	390	400	420	440
	Точность	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13
К	Номинальный размер, мм	750	600	550	500	620	710	610	720	580	600	550
М	Номинальный размер, мм	400	380	300	320	400	380	410	400	320	380	310
Р	Номинальный размер, мм	200	220	230	200	210	240	300	250	280	310	200

215

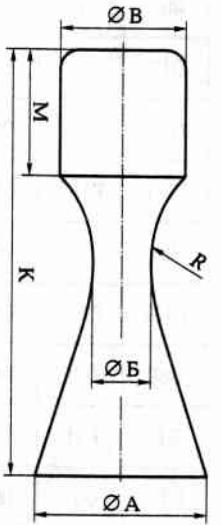


Рис. 5.4. Эскиз фасонной детали из листовой стали

Краткие методические указания к выполнению задания

Для изготовления данной фасонной детали целесообразно использовать метод обработки листового материала на Давильных станках. Технологическая оснастка в виде оправки должна быть разборной для обеспечения возможности снятия детали после формообразования.

Есть возможность применить или копировальный станок, или станок с программным управлением.

Следует рассмотреть вариант изготовления детали в два этапа.

1. Получение цилиндрической формы с диаметром B .
2. Образование горловины радиуса R и диаметром B .

Следует предусмотреть операцию термической обработки после формообразования поверхности. Требования к точности и шероховатости торцевых поверхностей следует обеспечить механической обработкой после термообработки заготовки.

Задание 5.5

По одному из вариантов задания (табл. 5.5) разработать маршрут технологического процесса изготовления детали (рис. 5.5) из листового материала (алюминиевый сплав АМГ) с одним сварным швом. Рассчитать размеры исходной заготовки и составить операционный эскиз наладки операции по отбортовке отверстий с использованием штампа.

Краткие методические указания к выполнению задания

Отверстия в заготовке из листового материала можно пробить в штампе или просверлить. В данном случае целесообразно предварительно просверлить отверстие, а его диаметр согласовать с диаметром направляющей части пуансона для отбортовки отверстия.

Отбортовку отверстия ($\varnothing 12$) целесообразно выполнять в штампе с использованием одного пуансона, диаметр направляющей части которого согласован с диаметром сверла.

Таблица 5.5. Индивидуальные варианты для выполнения задания 5.5

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\varnothing A$	Номинальный размер, мм	600	480	460	510	480	560	510	490	450	500	520
	Точность	h12	d12	f12	d12	f12	h12	h12	d12	f12	d12	f12
$\varnothing B$	Номинальный размер, мм	400	300	310	400	320	420	390	320	300	400	410
	Точность	d12	f12	d12	f12	h12	h12	d12	f12	d12	f12	d12
K	Номинальный размер, мм	300	250	230	260	240	300	250	230	200	270	260
M	Номинальный размер, мм	150	380	300	320	400	380	410	400	320	380	310
T	Номинальный размер, мм	2	1,5	2	2	2	2,5	1,5	2	2	1,5	2,5

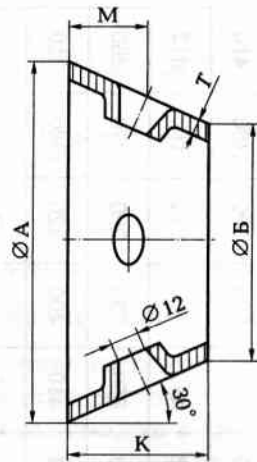


Рис. 5.5. Эскиз детали из листового алюминиевого сплава

Механическую обработку по выравниванию торцевых поверхностей следует проводить после отбортовки отверстий.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Охарактеризуйте листовый материал как сырье для изготовления деталей.
2. Перечислите методы раскроя листового материала.
3. Назовите методы получения исходных заготовок для изготовления деталей.
4. Перечислите основные этапы изготовления деталей из листового материала.
5. Каковы особенности получения заготовок глубокой выпяжкой?
6. Назовите основные методы контроля сварного шва.
7. Какие дефекты сварного шва можно обнаружить визуальным осмотром?
8. В чем заключаются особенности сборки для сварки заготовок из листового материала?
9. Каким образом можно получить отверстие в детали из листового материала?
10. Какими методами проводят калибровку деталей из листового материала?

ВЫБОР ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ БАЗИРОВАНИЯ (УСТАНОВКИ И ЗАКРЕПЛЕНИЯ) ЗАГОТОВОК

Станочные приспособления для деталей используют для связывания со станком (крепления к столу станка) обрабатываемых заготовок. При этом повышается точность обработки и производительность труда, улучшаются условия труда рабочих. В ряде случаев обработка заготовки возможна только при использовании приспособлений.

При обработке заготовки с применением станочного приспособления любой операционный размер должен быть выдержан таким образом, чтобы его погрешность не превышала заданную величину. Брака обработанных деталей не будет, если выполняется условие, при котором ожидаемая погрешность δ_{Σ} обработки не превышает допуск T_n на операционный (исходный) размер, т. е.

$$\delta_{\Sigma} \leq T_n. \quad (6.1)$$

На величину ожидаемой погрешности влияют производственные факторы, которые создают составляющие части ожидаемой погрешности:

- погрешность обработки P , связанная с установкой детали в приспособление;
- погрешность обработки δ_n , связанная с установкой приспособления на станке;
- погрешность обработки τ , связанная с методом обработки.

Тогда условие обеспечения требуемой точности будет выглядеть следующим образом:

$$P + \delta_n + \tau \leq T_n. \quad (6.2)$$

Технолог назначает допуск T_n на операционный размер, выбирает метод обработки поверхности (погрешность τ), определяет

условия базирования заготовки в приспособлении, заказывая (или проектируя) приспособление (погрешность P), выбирает станок, тем самым определяется погрешность δ_n . Таким образом в руках технолога находятся все «рычаги» по управлению точностью обработки заготовок.

На погрешность обработки, связанную с установкой заготовки в приспособление, существенно влияют установочные элементы приспособления, с которыми заготовка соприкасается своими поверхностями. Форма и размеры установочных элементов приспособления определяются формами и размерами технологической (установочной) базы заготовки. Наиболее характерные сочетания форм установочных баз и элементов приведены в табл. П16.4.

Объективным критерием оценки сочетания установочных баз и элементов приспособления является погрешность установки δ_y . Она определяет величину возможного наибольшего смещения установочной базы заготовки относительно ее номинального положения из-за погрешностей установочной базы заготовки, погрешностей и формы установочного элемента приспособления. При расчете ожидаемой точности обработки необходимо знать угол β между направлениями погрешности δ_y установки и исходным (операционным) размером. Тогда погрешность P обработки, связанную с установкой детали в приспособление, рассчитывают по формуле

$$P = \delta_y \cos \beta. \quad (6.3)$$

При установке цилиндрического вала диаметром D_{-T} в цилиндрическое отверстие «гнездо» размером $D_y^{+T_y}$ (рис. 6.1) погрешность δ_y установки, не имеющая определенной направленности, определяется по формуле

$$\delta_y = T + \Delta + T_y, \quad (6.4)$$

где T — допуск на наружный диаметр установочной базы — вал; Δ — гарантированный зазор, предусмотренный для удобства установки заготовки и снятия детали; T_y — допуск на внутренний диаметр установочного элемента «гнездо».

В этом случае условие обеспечения требуемой точности (расчетное неравенство) будет выглядеть следующим образом:

$$T + \Delta + T_y + \delta_n + \tau \leq T_n. \quad (6.5)$$

При установке цилиндрического вала диаметром D_{-T} на призму с углом 2γ (рис. 6.2) погрешность δ_y установки, имеющая направленность строго по оси призмы, определяется по формуле

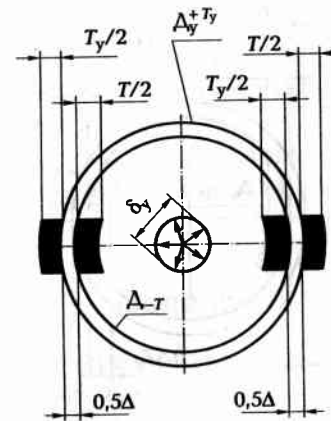


Рис. 6.1. Схема установки цилиндрического вала в цилиндрическое отверстие установочного элемента приспособления

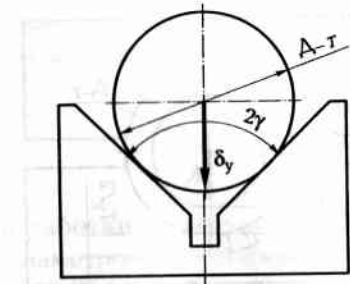


Рис. 6.2. Схема установки цилиндрического вала на установочную призму

$$\delta_y = T / (2 \sin \gamma), \quad (6.6)$$

где T — допуск на наружный диаметр установочной базы — вал.

В этом случае условие обеспечения требуемой точности (расчетное неравенство) будет выглядеть следующим образом:

$$(T / (2 \sin \gamma)) \cos \beta + \delta_n + \tau \leq T_n. \quad (6.7)$$

При установке цилиндрического вала диаметром D_{-T} в полуцилиндрические отверстия диаметром $D_y^{+T_y}$ (рис. 6.3) погрешность δ_y установки, имеющая направленность строго перпендикулярно плоскости разреза полуцилиндров, определяется по формуле

$$\delta_y = 0,5(T + T_y). \quad (6.8)$$

В этом случае условие обеспечения требуемой точности (расчетное неравенство) будет выглядеть следующим образом:

$$0,5(T + T_y) \cos \beta + \delta_n + \tau \leq T_n. \quad (6.9)$$

При установке заготовки с установочной базой в виде цилиндрического отверстия диаметром D^{+T} (рис. 6.4) на цилиндрический установочный элемент (палец) диаметром D_{y-T_y} погрешность δ_y установки, не имеющая определенной направленности, определяется по формуле

$$\delta_y = T + \Delta + T_y, \quad (6.10)$$

где T — допуск на внутренний диаметр установочной базы — отверстие; Δ — гарантированный зазор, предусмотренный для удоб-

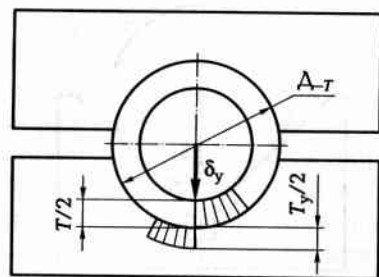


Рис. 6.3. Схема установки цилиндрического вала в полуцилиндрическое отверстие установочного элемента приспособления

ства установки заготовки и снятия детали; T_y — допуск на наружный диаметр установочного цилиндрического элемента «палец».

В этом случае условие обеспечения требуемой точности (расчетное неравенство) будет выглядеть следующим образом:

$$T + \Delta + T_y + \delta_n + \tau \leq T_n \quad (6.11)$$

При установке заготовки с установочной базой в виде цилиндрического отверстия диаметром Δ^{+T} на конусный установочный элемент с очень маленькой конусностью ($k = 1/5000 \dots 1/1000$) погрешность δ_y установки будет равна нулю.

Однако создается неопределенность положения заготовки в направлении ее оси. Возможное осевое смещение L заготовки 1, установленной на оправку 2 (рис. 6.5) с малой конусностью k , можно определить по формуле

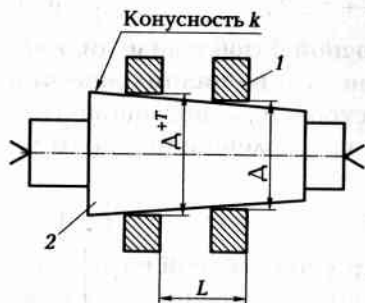


Рис. 6.5. Схема установки детали цилиндрическим отверстием на оправку с малой конусностью

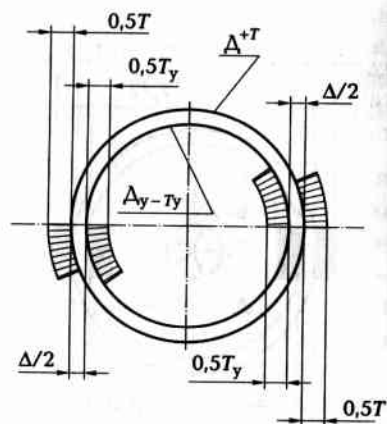


Рис. 6.4. Схема установки детали цилиндрическим отверстием на цилиндрический установочный элемент приспособления

$$L = T/k, \quad (6.12)$$

где T — допуск на базовое отверстие заготовки, поступившей на обработку, например на шлифование наружной цилиндрической поверхности.

В этом случае условие обеспечения требуемой точности (расчетное неравенство) будет выглядеть следующим образом:

$$\delta_n + \tau \leq T_n \quad (6.13)$$

Задание 6.1

На фрезерную операцию для обработки поверхности M поступает цилиндрическая заготовка диаметром Δ_{-T} . Определить по одному из вариантов задания (табл. 6.1), будет ли брак по точности выполнения операционного размера A_{-T_n} при установке заготовки цилиндрической поверхностью на установочный элемент приспособления в виде плоскости (рис. 6.6), если погрешность, связанная с методом обработки, $\tau = 0,08$ мм, погрешность, связанная с установкой приспособления на станок, $\delta_n = 0,04$ мм.

Пример выполнения задания 6.1 (вариант № 0)

Условие выполнения операции по обработке поверхности M выглядит следующим образом:

$$P + \delta_n + \tau \leq T_n \quad (6.2)$$

В данном случае координация обрабатываемой поверхности соответствует условию совмещения технологических баз: исходной и установочной (ИБ = УБ). Тогда согласно табл. П16.4 для случая установки наружной цилиндрической поверхности на плоскость погрешность установки $\delta_y = 0,5T$, а погрешность $P = \delta_y \cos \beta$. Так как направление исходного (операционного) размера A совпадает с направлением погрешности установки δ_y , то угол $\beta = 0$ ($\cos \beta = 1,0$). На основании формулы (6.2) с учетом исходной информации, содержащейся в табл. 6.1 и на рис. 6.6, имеем: $0,5 \cdot 0,1 \cdot 1 + 0,04 + 0,08 \leq 0,12$.

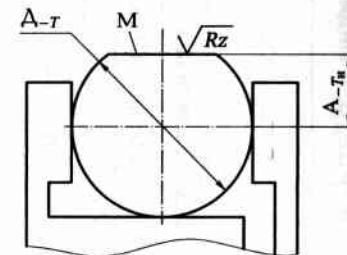


Рис. 6.6. Схема базирования цилиндрической заготовки при обработке плоской поверхности

Таблица 6.1. Индивидуальные варианты для выполнения задания 6.1

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\varnothing D$	Номинальный размер, мм	40	50	45	60	65	50	55	34	40	45	60
	Точность (допуск T , мм)	-0,1	f12	d12	h12	h12	h12	f12	d12	f12	h12	h12
$\varnothing A$	Номинальный размер, мм	17	20	18	25	26	20	18	14	15	18	26
	Точность (допуск T , мм)	-0,12	h12	h12	h12	d12	h12	h12	h12	h12	h12	d12
	Rz , мкм	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

Таблица 6.2. Индивидуальные варианты для выполнения задания 6.2

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\varnothing A_T$	Номинальный размер, мм	60	80	75	100	110	85	70	60	58	72	110
	Точность (допуск T)	h12	f12	d12	h12	h12	h12	f12	d12	f12	h12	h12
A	Номинальный размер, мм	17	20	18	25	26	20	18	14	15	18	26
	Точность (допуск T_n)	js12	js12	js12	js12	js12	js12	js12	js12	js12	js12	js12
Погрешность τ , мм		0,05	0,04	0,05	0,03	0,05	0,06	0,05	0,04	0,05	0,08	0,05
Погрешность $\delta_{\text{пл}}$, мм		0,01	0,02	0,03	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,03	0,04	0,01

Так как условие (6.2) выполнения операции без брака выполняется, то ответ по данному заданию гласит: брака при обработке поверхности M заготовки не будет.

Задание 6.2

По одному из вариантов задания (табл. 6.2) определить, будет ли выполнено условие обеспечения заданной точности (радиус A_{js12}) при обработке отверстия $\varnothing 10$ мм с установкой цилиндрической заготовки диаметром A_T на призму с углом $2\gamma = 90^\circ$ (рис. 6.7).

Пример выполнения задания 6.2 (вариант № 0)

Из условия (6.2) $R + \delta_n + \tau \leq T_n$, при котором будет обеспечена заданная точность, следует, что для ответа на поставленный в задании вопрос необходимо найти величину погрешности R . Из анализа схемы базирования (см. рис. 6.7) следует, что обработка ведется в условиях совмещения технологических баз (ИБ = УБ), а направление погрешности δ_y установкой совпадает с направлением исходного размера RA (угол $\beta = 0$, а $\cos \beta = 1$). Следовательно, погрешность $R = \delta_y$. Согласно табл. П16.4 $\delta_y = T/2 \sin \gamma$. Величину допуска T размера $60h12$ заготовки найдем из Приложения 5 (60-0,3). Допуск $T = 0,3$ мм. Тогда $\delta_y = 0,3/2 \sin 45^\circ = 0,21$ мм. В данной операции следует выдерживать радиус расположения отверстия $17js12$ или $(17 \pm 0,09)$ мм по Приложению 5, т.е. допуск на операционный размер $T_n = 0,18$ мм. Для нашего случая условие соблюдения точности выглядит следующим образом: $0,21 + 0,01 + 0,05 \leq 0,18$. Получается, что $0,27 \leq 0,18$, т.е. условие соблюдения точности в данной операции не выполняется.

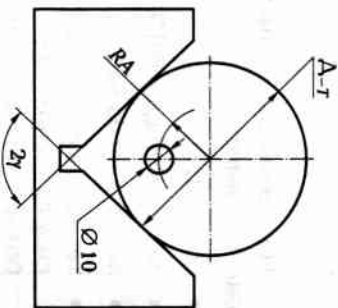


Рис. 6.7. Схема базирования заготовки при сверлении отверстия

Задание 6.3

По одному из вариантов задания (табл. 6.3) определить диаметр A_{y-T} цилиндрического установочного элемента (пальца) приспособления для фрезерования паза В, чтобы обеспечить заданную точность (рис. 6.8) при базировании заготовки по внутреннему диаметру A_{+T} .

Пример выполнения задания 6.3 (вариант № 0)

Из анализа схемы обработки (см. рис. 6.8) очевидно, что в данной операции выдерживается три параметра с определенной точностью:

- исходный размер $A \pm T_n/2$ (табл. 6.3);
- ширина паза В (см. табл. 6.3);
- несимметричность или смещение оси паза с оси внутреннего диаметра (поверхности С), не превышающее 0,1 мм.

Положительным для обеспечения точности является то, что координация расположения всех поверхностей паза произведена без нарушения принципа совмещения баз (ИБ = УБ).

Тогда согласно табл. П16.4 погрешность $P = \delta_y = T + \Delta + T_y$.

Условие (6.11) обеспечения точности для данного случая имеет вид

$$(T + \Delta + T_y) \cos \beta + \delta_n + \tau \leq T_n.$$

Из исходных данных (вариант № 0) и схемы обработки (см. рис. 6.8) имеем:

- $\cos \beta = 1$;
 - для размера $\Delta = 60H8$, или $60^{+0,046}$, допуск $T = 0,046$ мм;
 - зазор $\Delta = 0,05$ мм;
 - так как в качестве допуска T_n выступают два параметра — несоосность расположения паза В и допуск на размер Δ , то выбираем более точный из этих двух параметров:
- а) для размера $\Delta = 47js12$ допуск равен $\pm 0,125$ ($T_n = 0,25$ мм);
 б) несимметричность расположения паза относительно оси базового отверстия составляет $\pm 0,1$ ($T_n = 0,2$ мм); следовательно, для расчетов выбираем меньшее значение допуска $T_n = 0,2$ мм.
 Тогда $T_y \leq T_n - T - \Delta - \delta_n - \tau$, или $T_y \leq 0,2 - 0,046 - 0,05 - 0,01 - 0,05$.

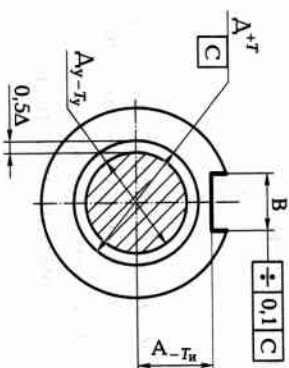


Рис. 6.8. Схема установки заготовки цилиндрическим отверстием на цилиндрический установочный элемент приспособления при обработке паза

Таблица 6.3. Индивидуальные варианты для выполнения задания 6.3

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\varnothing \Delta^{+T}$	Номинальный размер, мм	60	80	75	100	110	85	70	60	58	72	110
	Точность (допуск T)	H8	H9	H8	H10	H8	H9	H8	H7	H8	H9	H10
$A \pm 0,5T_n$	Номинальный размер, мм	47	60	48	65	66	60	48	44	45	48	66
	Точность (допуск T_n)	js12	js12	js12	js12	js12	js12	js12	js12	js12	js12	js12
B	Номинальный размер, мм	10	15	18	12	10	14	16	10	12	16	10
Зазор Δ , мм		0,05	0,03	0,04	0,02	0,01	0,02	0,05	0,04	0,03	0,06	0,05
Погрешность τ , мм		0,05	0,04	0,05	0,03	0,05	0,06	0,05	0,04	0,05	0,08	0,05
Погрешность δ_n , мм		0,01	0,02	0,03	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,03	0,04	0,01

Таблица 6.4. Индивидуальные варианты для выполнения задания 6.4

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\varnothing \Delta^{+T}$	Номинальный размер, мм	30	40	25	20	30	35	15	40	28	32	30
	Точность (допуск T)	H8	H8	H9	H10	H8	H9	H8	H8	H8	H9	H10
Радиальное биение f , мм, не более		0,1	0,2	0,05	0,1	0,01	0,1	0,2	0,1	0,15	0,1	0,2
Зазор Δ , мм		0,05	0,03	0,04	0,02	0,01	0,02	0,05	0,04	0,03	0,06	0,05
Погрешность τ , мм		0,05	0,04	0,05	0,03	0,05	0,06	0,05	0,04	0,05	0,08	0,05
Погрешность δ_n , мм		0,01	0,02	0,03	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,03	0,04	0,01

В результате получается, что допуск на установочный цилиндрический палец $T_y \leq 0,044$ мм. Тогда диаметр цилиндрического пальца с учетом обеспечения гарантированного зазора $\Delta = 0,05$ мм будет равен $(A_y - \Delta)_{-T_y} = 59,95_{-0,044}$ мм.

Задание 6.4

По одному из вариантов задания (табл. 6.4) определить размер диаметра установочной поверхности A_{y-T_y} цилиндрического установочного элемента 1 приспособления для обтачивания наружной цилиндрической поверхности М заготовки 2 (рис. 6.9), чтобы обеспечить радиальное биение этой поверхности не более f относительно оси базового отверстия заготовки. Погрешности установки приспособления на станок $\delta_n = 0,02$ мм, а погрешность метода обработки $\tau = 0,03$ мм.

Пример выполнения задания 6.4 (вариант № 0)

Очевидно, что номинальный размер установочной цилиндрической оправки должен быть меньше номинального размера установочной базы на величину гарантированного зазора Δ , обеспечивающего удобство установки заготовки на оправку и снятие с нее детали, т. е. $A_{y-T_y} = (A - \Delta)_{-T_y} = (30 - 0,05)_{-T_y} = 29,95_{-T_y}$. Так как базирование заготовки происходит без нарушения принципа совмещения баз (ИБ = УБ), то из условия (6.11) $(T + \Delta + T_y)\cos\beta + \delta_n + \tau \leq T_n$ имеем (при $\beta = 0$): $T_y \leq T_n - T - \Delta - \delta_n - \tau$. Значение допуска T для размера 30Н8 равно 0,039 мм. Подставляем значения всех параметров и получаем:

$$T_y \leq 0,1 - 0,39 - 0,05 - 0,01 - 0,05.$$

Находим, что $T_y \leq -0,049$, а это невозможно. С такой исходной точностью параметров заготовки радиальное биение, не превышающее 0,1 мм, не выдержать. Неизбежен брак по этому параметру.

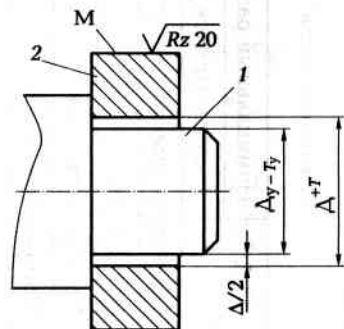


Рис. 6.9. Схема установки заготовки цилиндрическим отверстием на цилиндрический установочный элемент приспособления при обтачивании наружной поверхности

Что же делать технологу в данной ситуации? Необходимо искать пути устранения «дефицита» точности, равного 0,049 мм, так как рабочий чертеж детали недостаточно отработан на технологичность. Для этого есть три способа:

1. Конструктор может увеличить допуск на радиальное биение на 0,05 мм, т. е. назначить радиальное биение 0,15 мм.

2. Технолог может несколько повысить точность базового отверстия, обрабатываемого на предыдущей операции, и несколько уменьшить величину гарантированного зазора.

3. Одну часть «дефицита» точности устраняет конструктор, делая изменения в рабочем чертеже детали, а другую часть — устраняет технолог, внося изменения в операционный эскиз и в задание на проектирование приспособления для обработки.

Задание 6.5

По одному из вариантов задания (табл. 6.5) определить номинальный внутренний диаметр A_y и допуск T_y на него для установочного элемента 1 приспособления для фрезерования паза В в заготовке 2 (рис. 6.10), чтобы обеспечить требуемую ширину и величину f несимметричности паза относительно оси наружной базовой поверхности К заготовки.

Задание 6.6

По одному из вариантов задания (табл. 6.6) проверить, будет ли обеспечена заданная точность обработки по исходному размеру A_{-T_n} , если фрезерование поверхности М заготовки 1 фрезой 2 про-

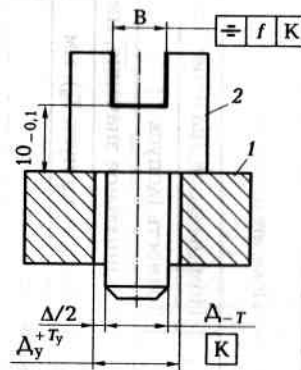


Рис. 6.10. Схема установки заготовки при фрезеровании паза

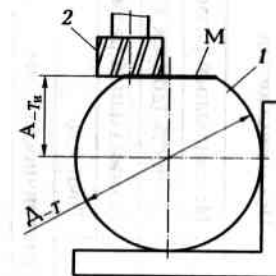


Рис. 6.11. Схема установки и фрезерования заготовки

Таблица 6.5. Индивидуальные варианты для выполнения задания 6.5

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\varnothing A_{-T}$	Номинальный размер, мм	30	40	35	20	30	35	45	40	38	42	30
	Точность (допуск T)	d12	f12	h12	h12	f12	d12	f12	h12	h12	f12	d12
B	Номинальный размер, мм	10	12	14	10	12	10	14	10	12	14	12
	Точность	H8	H8	H9	H10	H8	H9	H8	H8	H8	H9	H10
Несимметричность f , мм		0,1	0,2	0,05	0,1	0,15	0,1	0,2	0,1	0,15	0,1	0,2
Зазор Δ , мм		0,05	0,03	0,04	0,02	0,01	0,02	0,05	0,04	0,03	0,06	0,05
Погрешность τ , мм		0,05	0,04	0,05	0,03	0,05	0,06	0,05	0,04	0,05	0,08	0,05
Погрешность $\delta_{\text{н}}$, мм		0,01	0,02	0,03	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,03	0,04	0,01

Таблица 6.6. Индивидуальные варианты для выполнения задания 6.6

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\varnothing A_{-T}$	Номинальное значение, мм	30	40	35	20	30	35	45	40	38	42	40
	Точность (допуск T)	0,06	0,05	0,06	0,05	0,04	0,02	0,05	0,1	0,07	0,04	0,05
$A_{-T_{\text{н}}}$	Номинальное значение, мм	10	12	14	10	12	10	14	10	12	14	12
	Точность (допуск $T_{\text{н}}$), мм	0,1	0,15	0,2	0,25	0,15	0,2	0,25	0,1	0,1	0,2	0,15
Погрешность τ , мм		0,05	0,04	0,05	0,03	0,05	0,06	0,05	0,04	0,05	0,08	0,05
Погрешность $\delta_{\text{н}}$, мм		0,01	0,02	0,03	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,03	0,04	0,01

изводятся по схеме, показанной на рис. 6.11. Размеры заготовок, поступающих на данную операцию, находятся в пределах A_{-T} .

Задание 6.7

По одному из вариантов задания (табл. 6.7) определить номинальное значение внутреннего диаметра $A_{\text{в}}$ и допуск $T_{\text{в}}$ на него для установочного элемента 1 приспособления для сверления отверстия $\varnothing B$ в заготовке 2 (рис. 6.12), чтобы обеспечить требуемую точность $j_{\text{с}}$ исходного размера A .

Задание 6.8

По одному из вариантов задания (табл. 6.8) определить, какая погрешность τ , связанная с методом обработки, допускается на операции обработки плоского хвостовика Ж шириной B (рис. 6.13, а), чтобы обеспечить требуемую величину f отклонения от симметричности относительно оси К базовой поверхности A_{+T} заготовки (рис. 6.13, б).

Рис. 6.12. Схема установки заготовки при сверлении отверстия

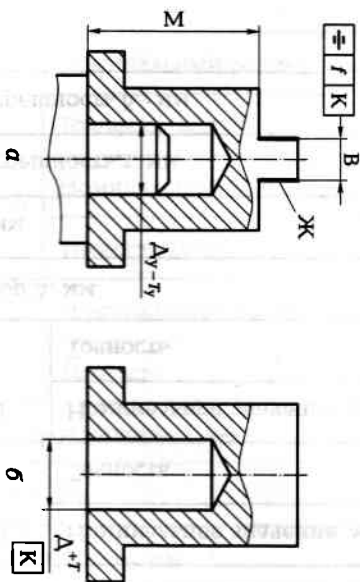
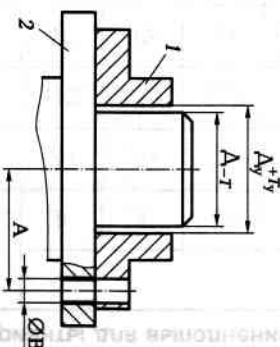


Рис. 6.13. Схема установки заготовки при обработке плоского хвостовика

Таблица 6.7. Индивидуальные варианты для выполнения задания 6.7

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\varnothing D_{-T}$	Номинальное значение, мм	20	30	35	45	40	35	45	40	38	42	40
	Точность	f12	h12	h12	f12	f12	d12	f12	h12	h12	f12	d12
B	Номинальное значение, мм	10	12	14	10	12	10	14	10	12	14	12
	Точность	H10	H10	H11	H10	H12	H12	H9	H9	H12	H9	H10
Зазор Δ , мм		0,05	0,03	0,04	0,02	0,01	0,02	0,05	0,04	0,03	0,06	0,05
A, мм		30	40	45	55	50	45	55	50	50	55	50
Погрешность τ , мм		0,03	0,05	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,04	0,05	0,08	0,05
Погрешность $\delta_{\text{п}}$, мм		0,03	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,03	0,04	0,01

Таблица 6.8. Индивидуальные варианты для выполнения задания 6.8

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\varnothing D^{+T}$	Номинальный размер, мм	32	38	35	20	32	35	45	42	38	42	32
	Точность (допуск T)	H9	H10	H9	H8	H9	H10	H9	H8	H9	H10	H9
$\varnothing D_{y-T_y}$	Номинальный размер, мм	31,88	37,92	34,88	19,935	31,975	34,88	44,92	41,88	37,975	41,69	31,88
	Точность (допуск T)	c11	d9	c11	d9	f9	c11	d9	c11	f9	a11	c11
B	Номинальный размер, мм	10	12	14	10	12	10	14	10	12	14	12
	Точность	d12	f12	h12	h12	f12	d12	f12	h12	h12	f12	d12
Несимметричность f , мм		0,1	0,2	0,05	0,1	0,15	0,1	0,2	0,1	0,15	0,1	0,2
Зазор Δ , мм		0,12	0,08	0,12	0,065	0,025	0,12	0,08	0,12	0,025	0,31	0,12
Погрешность $\delta_{\text{п}}$, мм		0,01	0,02	0,03	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,03	0,04	0,01

Задание 6.9

По одному из вариантов задания (табл. 6.9) определить максимально возможный диапазон положения заготовок 2 вдоль оси конусной оправки 1 с конусностью $k = 1:1000$ (рис. 6.14) на операции шлифования наружной цилиндрической поверхности. Заготовки поступают на обработку с размером внутренней базовой поверхности Δ^{+T} .

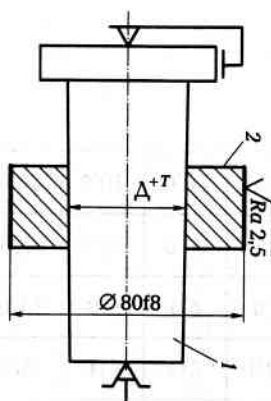


Рис. 6.14. Схема установки заготовки на конусную оправку при шлифовании наружной цилиндрической поверхности

Пример выполнения задания 6.9 (вариант № 0)

Так как на операцию шлифования поступают заготовки с разным (в пределах допуска T) диаметром внутренней базовой поверхности, то при их установке на конусную оправку с малой конусностью k они будут занимать различное положение относительно шлифовального круга. Диапазон возможного смещения заготовок определим, используя зависимость (6.12): $L = T/k$. Для заготовок с внутренним базовым диаметром 20H10 допуск $T = 0,084$ мм. Тогда $L = 0,084/1:1000 = 0,084 \cdot 1000 = 84$ мм.

Необходимо учитывать, что довольно большая неопределенность положения заготовки в зоне обработки круглошлифовального станка создает определенные неудобства шлифовщику и увеличивает длительность операции. Для устранения этого недостатка можно сделать следующее:

- увеличить конусность, изготовив оправку, например с конусностью $k = 1:500$;
- повысить точность базового отверстия, сделав его, например 20H8.

Задание 6.10

Для одного варианта задания предложите способ базирования заготовки (рис. 6.15) на конусную оправку с углом конуса 45° на

234

Таблица 6.9. Индивидуальные варианты для выполнения задания 6.9

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Δ^{+T}	Номинальный размер, мм	20	30	35	45	40	35	45	40	38	42	40
	Точность (допуск T)	H10	H10	H11	H10	H12	H12	H9	H9	H12	H9	H10

Таблица 6.10. Индивидуальные варианты для выполнения задания 6.10

Показатели детали		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Γ	Номинальный размер, мм	20	30	35	45	40	35	45	40	38	42	40
	Точность	d9	f9	c11	d9	c11	f9	a11	c11	d9	f9	c11
B	Номинальный размер, мм	10	20	25	35	30	25	35	30	28	32	30
	Точность	H12	H9	H9	H12	H9	H10	H12	H9	H9	H12	H9
A	Номинальный размер, мм	40	50	55	65	60	55	65	60	58	62	60
M	Номинальный размер, мм	120	100	130	90	140	150	130	150	100	110	170
$Ж$	Номинальный размер, мм	20	25	20	28	20	22	26	20	30	20	30

235

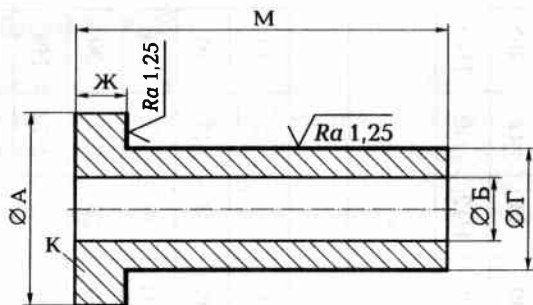


Рис. 6.15. Эскиз заготовки, поступающей на операцию шлифования поверхностей

внутреннюю цилиндрическую поверхность ØБ с одновременным упором в торец К для шлифования цилиндрической (ØГ) и торцевой (размер Ж) поверхностей. Изобразить эскиз установки заготовки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основное условие обеспечения точности получения операционных (исходных) размеров при использовании станочных приспособлений для детали.
2. Что следует понимать под погрешностью базирования (установки) заготовки в зоне обработки?
3. Как определяют погрешность установки заготовки цилиндрическим валом в цилиндрическое отверстие?
4. Как определяют погрешность установки заготовки цилиндрическим валом на установочную призму?
5. Как определяют погрешность установки заготовки цилиндрическим валом в цилиндрические полуотверстия?
6. В чем заключается особенность установки заготовок на конические установочные элементы приспособления?
7. Объясните сущность принципа совмещения баз.
8. Каким образом влияет направленность погрешности установки на точность получения операционных размеров?
9. Охарактеризуйте степень влияния точности заготовки на точность получения операционных размеров.

СБОРКА СОЕДИНЕНИЙ, МЕХАНИЗМОВ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ

7.1. РАЗРАБОТКА МАРШРУТА И СХЕМЫ СБОРКИ

Технологический процесс сборки представляет собой процесс соединения взаимно ориентируемых деталей, сборочных единиц и агрегатов, осуществляемый в определенной последовательности заданными методами. Расчленяется процесс сборки на операции, переходы, приемы и движения.

Операция — это законченная часть технологического процесса, выполняемая над определенным объектом сборки на определенном рабочем месте одним рабочим или бригадой рабочих. Состоит операция из переходов.

Переход — это часть операции, выполняемая над определенным соединением без смены сборочного инструмента или оборудования. Переход может состоять из приемов.

Прием — это часть перехода, представляющая собой цикл действий рабочего, связанных целевым назначением. Прием складывается из рабочих движений.

При проектировании технологического процесса сборки чаще всего приходится решать следующие задачи:

- определение маршрута сборки;
- составление схемы сборки;
- составление сборочных размерных цепей;
- расчет точности сборки;
- обеспечение точности сборки, заключающееся в том, что надо или подбирать детали одна к другой по геометрическим (или другим) параметрам, или определять размер необходимого неподвижного компенсатора, или находить толщину снимаемого слоя с компенсирующей детали, или выполнять другие расчеты, связанные со сборкой конкретного соединения.

Исходные данные для составления технологического процесса сборки технолог находят в следующих источниках:

- сборочный чертеж собираемого изделия;
- технические требования на сборку этого изделия;
- спецификация всех входящих в конструкцию изделия деталей, сборочных единиц, покупных изделий, крепежных стандартных изделий;
- рабочие чертежи деталей, входящих в конструкцию собираемого изделия;
- различные нормативные документы (ГОСТы, ОСТы, нормали и другие справочные издания, регламентирующие сборочные работы на данном предприятии);
- годовая программа выпуска собираемого изделия.

На начальной стадии проектирования технологического процесса сборки следует проанализировать сборочный чертеж объекта и изучить технические требования на его сборку. Основными задачами анализа являются:

- выявление в конструкции изделия технологических сборочных единиц;
- выбор базовых деталей выявленных сборочных единиц;
- предварительное определение маршрута сборки;
- составление эскиза схемы сборки.

Технологическая сборочная единица — это часть изделия, которая может быть собрана и испытана на самостоятельном рабочем месте независимо от других частей изделия. В сборочном процессе эта единица участвует как самостоятельное целое. Хорошо отработанный на технологичность сборочный чертеж изделия содержит в спецификации наименования сборочных единиц и их количество.

Базовая деталь — является исходной в сборочном процессе. Ее устанавливают в сборочное приспособление и при необходимости закрепляют, т. е. эта деталь первой вступает в процесс сборки изделия или сборочной единицы. К базовой детали присоединяют другие детали, агрегаты и сборочные единицы. Эта деталь должна быть наиболее жесткой, массивной и удобно устанавливаться в сборочное приспособление. Этим требованиям чаще всего удовлетворяют корпусные детали, валы, крышки, диски турбин или компрессоров и др.

Схема сборки — это условное графическое изображение последовательности сборки изделия, начиная с базовой детали. На схеме сборки машины или иного изделия каждый самостоятель-

ный элемент сборочного процесса обозначается прямоугольником, внутри которого содержится информация о наименовании детали или сборочной единицы, ее номере по спецификации сборочного чертежа и количестве в данном изделии. От прямоугольника, изображающего базовую деталь машины или изделия, проводят прямую линию (лучше горизонтальную) до конечного прямоугольника, изображающего готовое изделие. Как правило, сверху линии располагают детали, последовательно вступающие в сборку, а снизу линии располагают схемы сборочных единиц, которые также имеют базовые детали, и покупные или готовые изделия, входящие в конструкцию собираемой машины (без рассмотрения их сборки).

Составленная таким образом схема является хорошей основой для проектирования технологического процесса сборки изделия. Сюда можно дополнительно внести информацию о контрольных операциях, балансировочных операциях, о сборочном и контрольно-измерительном инструменте и др.

Важнейшей задачей сборочного процесса является обеспечение заданной точности сборки, т. е. достижения такого состояния, когда действительное значение сборочного параметра соответствует заданному.

Основными сборочными параметрами являются:

- зазоры осевые, радиальные, торцевые и боковые;
- радиальные и торцевые биения поверхностей деталей относительно осей базовых поверхностей изделия;
- соосность отверстий под подшипники;
- зазоры и натяги в соединениях деталей;
- усилие запрессовки одной детали в другую;
- усилие завинчивания резьбовых (крепежных) деталей;
- температура нагрева или охлаждения деталей при сборке поперечно-прессовых соединений;
- усилие пружины;
- масса детали и др.

Методы обеспечения точности сборки следующие:

- метод полной взаимозаменяемости;
- метод неполной взаимозаменяемости;
- метод подбора деталей;
- метод регулирования с применением неподвижных или подвижных компенсаторов;
- метод доработки или пригонки.

Задание 7.1

Составить схему сборки и маршрут сборки изделия «ролик» (рис. 7.1) без учета подготовительных сборочных операций. Точность сборки обеспечивается методом полной взаимозаменяемости.

Из анализа сборочного чертежа (см. рис. 7.1) следует, что целесообразно выделить две сборочные единицы. Одной будет маховик в сборе с двумя подшипниками 8, втулкой 9 и уплотнением 11, с базовой деталью маховик 10. Второй сборочной единицей будет крышка с уплотнением 2, при базовой детали крышка 3. Базовой деталью изделия может быть ось 1 или маховик 10.

Так как составление схемы сборки изделия начинают с условного изображения базовой детали изделия, то, выбрав в качестве таковой ось 1, изобразим ее первой на схеме сборки в виде прямоугольника (рис. 7.2), изображающего готовое изделие «ролик». Снизу линии проводим линию сборки первой сборочной единицы с базовой деталью маховик 10. К базовой детали маховик присоединяют уплотнение 11, подшипник 8, втулку 9 и второй подшипник 8. Эта сборочная единица первой устанавливается на базовую деталь изделия — ось. Далее изображаем сверху линии присоединяемые детали кольцо 7, стопор 4 и прокладку 6. Снизу изображаем линию сборки второй сборочной единицы с базовой деталью крышка 3, в которую вставляют уплотнение 2. Завинчивают шесть болтов 5 с заданным усилием и изделие собрано окончательно.

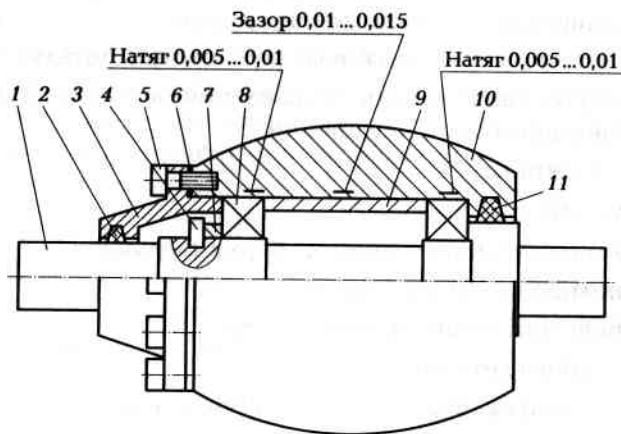


Рис. 7.1. Сборочный чертеж изделия «ролик»

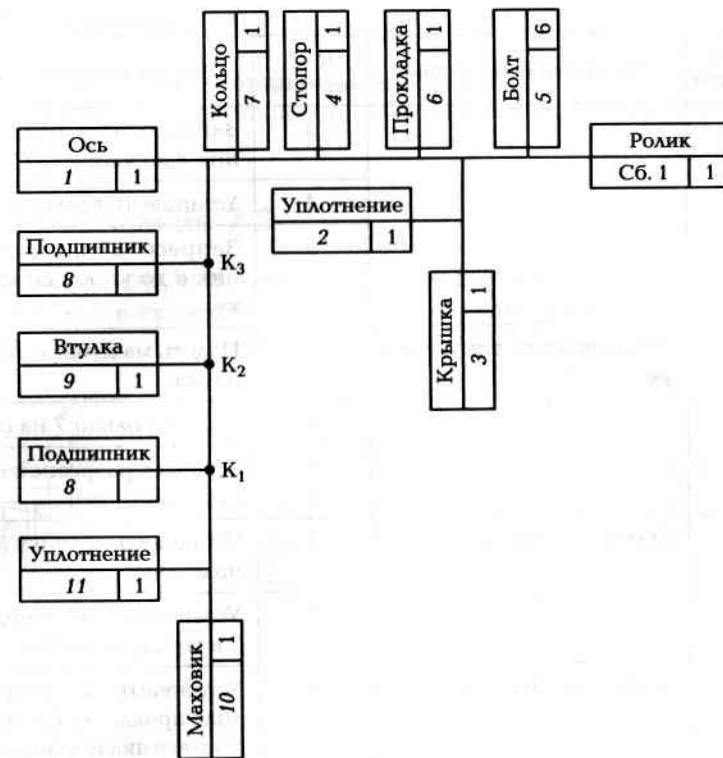


Рис. 7.2. Схема сборки изделия «ролик»

Построенная схема сборки изделия является хорошей основой для составления маршрута сборки, представленного в виде табл. 7.1.

Таблица 7.1. Маршрут сборки изделия «ролик»

Номер операции	Содержание операции	Номер перехода	Содержание перехода
05	Установка и закрепление базовой детали в сборочном приспособлении	1	Установить ось 1 на подставку
		2	Закрепить ось 1 на подставке
10	Сборка маховика	1	Установить маховик 10 на подставку
		2	Установить уплотнение 11 в гнездо ролика

Номер операции	Содержание операции	Номер перехода	Содержание перехода
		3	Запрессовать подшипник 8 до упора
		4	Установить втулку 9
		5	Запрессовать подшипник 8 до упора во втулку
15	Установка маховика в сборе	1	Надеть маховик в сборе на ось
		2	Надеть кольцо 7 на ось
		3	Вставить разрезной стопор 4 в паз оси
20	Сборка крышки	1	Установить крышку 3 на подставку
		2	Установить уплотнение 2 в гнездо крышки
25	Закрепление крышки	1	Установить на торец ролика прокладку 6, совместив все шесть отверстий в прокладке и в ролике
		2	Надеть крышку в сборе на ось и вставить ее в отверстие ролика, совместив отверстия под болты
		3	Наживить от руки все шесть болтов 5
		4	Завинтить до упора все шесть болтов в определенной очередности
30	Контрольная	1	Проверить легкость вращения ролика и время выбега
		2	Проверить биение сферической поверхности маховика относительно оси его вращения

Задание 7.2

Составить схему сборки изделия «ролик» (рис. 7.1), взяв в качестве базовой детали маховик 10. Составить схему сборки и маршрут сборки.

Задание 7.3

Проанализировать схему сборки изделия «опора» (рис. 7.3, а) и указанные в схеме сборки (рис. 7.3, б) контрольные операции.



Рис. 7.3. Сборочный чертеж изделия «опора» (а) и схема сборки (б)

Задание 7.4

Составить маршрут сборки изделия «опора» (см. рис. 7.3, а) с операционными эскизами, указав контролируемые сборочные параметры.

7.2. СБОРОЧНЫЕ РАЗМЕРНЫЕ ЦЕПИ

Большинство расчетов, связанных с обеспечением точности сборки, базируются на теории размерных цепей. **Размерной цепью** называют совокупность размеров, координирующих взаимное положение поверхностей или осей деталей и образующих замкнутый контур.

Применительно к сборке с помощью размерных цепей решают так называемые обратные задачи, когда, зная действительные или

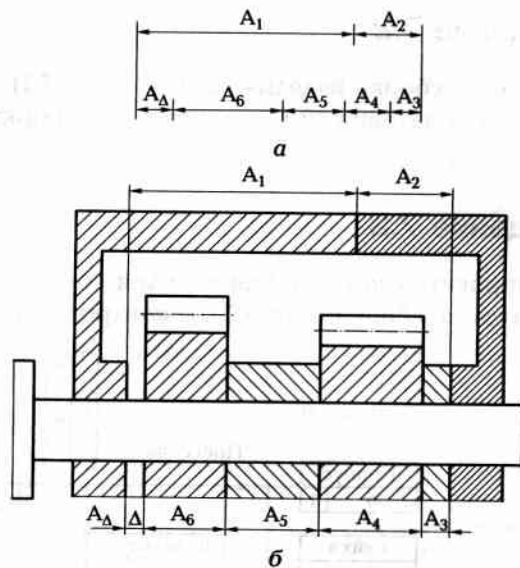


Рис. 7.4. Линейная технологическая размерная цепь:
 а — схема сборочной размерной цепи; б — сборочный чертеж

заданные размеры составляющих звеньев, определяют размер замыкающего звена, в роли которого выступает заданный сборочный параметр (зазор, натяг). Прямую задачу решает разработчик на стадии проектирования изделия. Конструктор по требуемому размеру замыкающего звена (зазора, натяга) определяет размеры составляющих звеньев и вносит их в рабочие чертежи деталей.

Пример линейной технологической размерной цепи представлен на рис. 7.4. Из геометрической схемы этой размерной цепи (рис. 7.4, а), составленной в результате анализа объекта сборки (рис. 7.4, б), очевидно, что номинальное значение A_{Δ} замыкающего звена (зазора Δ)

$$A_{\Delta} = (A_1 + A_2) - (A_3 + A_4 + A_5 + A_6).$$

Для определения предельных отклонений замыкающего звена используют два метода расчета:

- по предельным отклонениям размеров (расчет на максимум-минимум);
- теоретико-вероятностный.

При расчете по методу максимума-минимума предельные значения $A_{\Delta\max}$ и $A_{\Delta\min}$ замыкающего звена (зазора Δ , см. рис. 7.4) можно рассчитать по формулам

$$A_{\Delta\max} = (A_{1\max} + A_{2\max}) - (A_{3\min} + A_{4\min} + A_{5\min} + A_{6\min});$$

$$A_{\Delta\min} = (A_{1\min} + A_{2\min}) - (A_{3\max} + A_{4\max} + A_{5\max} + A_{6\max}).$$

Допуск T_{Δ} на замыкающее звено (или поле рассеяния замыкающего звена)

$$T_{\Delta} = A_{\Delta\max} - A_{\Delta\min} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6,$$

где $T_1 - T_6$ — допуски на составляющие звенья.

Для размерной цепи, состоящей из n звеньев:

$$T_{\Delta} = \sum_i^n T_i.$$

При расчете по теоретико-вероятностному методу допуск T_{Δ} на замыкающее звено (или поле рассеяния замыкающего звена) определяют по формуле

$$T_{\Delta} = \sqrt{\sum T_i^2}.$$

Задание 7.5

Составить сборочную размерную цепь и определить толщину A_2 компенсатора К (рис. 7.5), с помощью которого обеспечивают при сборке осевой зазор $\Delta = 2,2 \dots 3,0$ мм. Заданные размеры составляющих звеньев приведены в табл. 7.2.

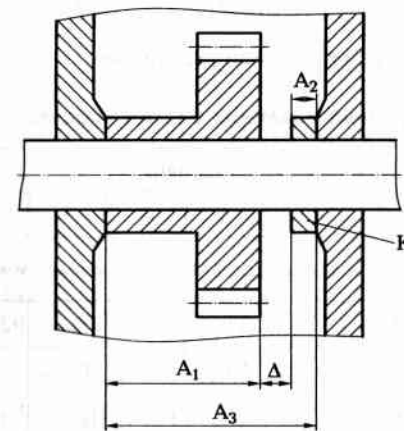


Рис. 7.5. Сборочная единица с компенсатором

Таблица 7.2. Заданные размеры составляющих звеньев

Обозначение звена	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Размеры составляющих звеньев, мм									
A ₁	35 _{-0,5}	40 _{-0,5}	41 _{-0,5}	35 _{-0,5}	32 _{-0,5}	45 _{-0,4}	41,2 _{-0,2}	36 _{-0,5}	38 _{-0,5}	45 _{-0,5}
A ₃	42,2 ^{+0,2}	49 ^{+0,2}	52,2 ^{+0,2}	44,2 ^{+0,2}	42,0 ^{+0,2}	52,4 ^{+0,2}	50,0 ^{+0,2}	42,4 ^{+0,2}	48,2 ^{+0,2}	52,6 ^{+0,2}

Задание 7.6

Определить номинальное значение и поле рассеяния замыкающего звена (зазора Δ) в ступени редуктора, изображенной на рис. 7.6. Заданные размеры составляющих звеньев приведены в табл. 7.3.

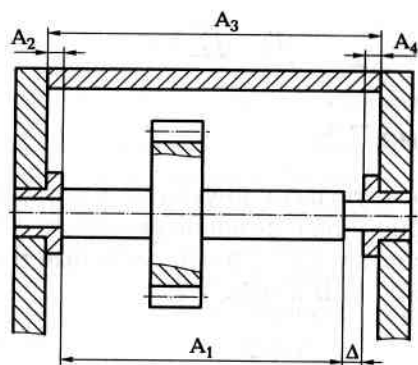


Рис. 7.6. Сборочный чертеж ступени редуктора

Таблица 7.3. Заданные размеры составляющих звеньев

Обозначение звена	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Размеры составляющих звеньев, мм									
A ₁	82 _{-0,5}	83 _{-0,5}	82,5 _{-0,5}	77 _{-0,5}	83 _{-0,5}	79 _{-0,5}	81 _{-0,5}	92,5 _{-0,5}	95 _{-0,5}	80 _{-0,5}
A ₂	10 _{-0,2}	12 _{-0,3}	11 _{-0,2}	16 _{-0,4}	10 _{-0,2}	10 _{-0,2}	12 _{-0,3}	10 _{-0,2}	14 _{-0,1}	16 _{-0,2}
A ₃	104 ^{+0,2}	108 ^{+0,2}	106 ^{+0,2}	110 ^{+0,2}	104 ^{+0,2}	100 ^{+0,2}	106 ^{+0,2}	114 ^{+0,2}	124 ^{+0,2}	114 ^{+0,2}
A ₄	10 _{-0,2}	12 _{-0,3}	11 _{-0,2}	16 _{-0,4}	10 _{-0,2}	10 _{-0,2}	12 _{-0,3}	10 _{-0,2}	14 _{-0,1}	16 _{-0,2}

Задание 7.7

Составить сборочную размерную цепь для расчета толщины T компенсатора (рис. 7.7), обеспечивающего осевой зазор Δ = 0,01 мм в опорах. Составить алгоритм расчета и рассчитать один из вариантов, приведенных в табл. 7.4, в которой указаны размеры деталей, являющиеся составляющими звеньями размерной цепи.

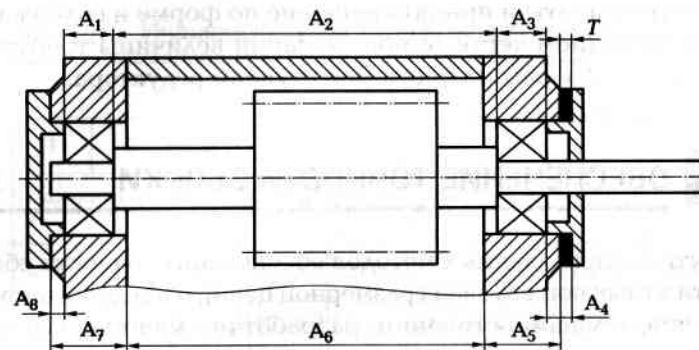


Рис. 7.7. Сборочный чертеж с осевым зазором и компенсатором

Таблица 7.4. Размеры составляющих звеньев размерной цепи

Обозначение звена	Заданное значение звена, мм	Вариант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Действительные размеры составляющих звеньев, мм									
A ₁	20±0,2	20,1	19,82	19,9	20,15	19,86	20,1	19,82	19,9	20,15	19,86
A ₂	100 ^{+0,6}	100,6	100,04	100,3	100,4	100,1	100,6	100,04	100,3	100,4	100,1
A ₃	20±0,2	20,1	20,05	20,09	19,92	20,14	20,1	20,05	20,09	19,92	20,14
A ₄	10±0,2	10,1	9,9	10,2	10,1	9,95	10,1	9,9	10,2	10,1	9,95
A ₅	20±0,2	19,8	19,95	19,81	20,2	19,84	19,8	19,95	19,81	20,2	19,84
A ₆	117±0,2	117,2	115,46	119,0	119,0	115,0	117,2	115,46	119,0	119,0	115,0
A ₇	20±0,2	19,8	19,84	20,1	20,1	20,0	19,8	19,84	20,1	20,1	20,0
A ₈	10±0,2	10,1	10,04	9,9	10,00	10,08	10,02	10,1	10,04	9,9	10,00

Задание 7.8

Используя сборочный чертеж ступени редуктора, фрагмент которого представлен на рис. 7.7, и данные, приведенные в табл. 7.4, определить каким может быть поле рассеяния (допуск) замыкающего звена (зазора Δ) при расчете по методу максимума-минимума и при расчете по теоретико-вероятностному методу. Сравнить полученные результаты и принять решение по форме и содержанию записи в сборочном чертеже при указании величины требуемого осевого зазора Δ в рассматриваемой ступени редуктора.

7.3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ СБОРКИ

Из пяти вышеназванных методов обеспечения точности сборки (точности замыкающего звена размерной цепи), нашедших широкое применение в машиностроении, разработчик машины выбирает один из них, руководствуясь:

- величиной допуска на замыкающее звено, т. е. насколько точна сборка рассматриваемого изделия;
- количеством составляющих звеньев сборочной размерной цепи;
- реальными возможностями конкретного производства, где предполагается производить сборку изделия;
- уровнем организации сборочных работ на данном производстве;
- габаритными размерами изделия и сложностью его сборки;
- программой выпуска изделий за определенный промежуток времени (год, месяц).

Метод полной взаимозаменяемости. Если в результате расчета допуска замыкающего звена по методу максимума-минимума полученное значение допуска оказалось меньше или равно заданному сборочным чертежом, то можно применять метод полной взаимозаменяемости. При сборке изделий по этому методу не требуется ни предварительный подбор деталей, ни их доработка в процессе сборки. Практика показала, что этот метод целесообразно применять в крупносерийном и массовом производстве при числе составляющих звеньев сборочной размерной цепи не больше четырех.

Задание 7.9

По одному из вариантов задания определить, возможна ли сборка соединения, конструктивная схема которого показана на рис. 7.8, по методу полной взаимозаменяемости. Заданные размеры сопрягаемых поверхностей деталей и требуемый осевой зазор Δ представлены в табл. 7.5.

Таблица 7.5. Индивидуальные варианты для задания 7.9

Обозначение размера	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Заданные размеры сопрягаемых поверхностей деталей и осевого зазора, мм									
A_1	$24 \pm 0,2$	$34 \pm 0,2$	$18 \pm 0,2$	$20 \pm 0,2$	$22 \pm 0,2$	$24 \pm 0,2$	$34 \pm 0,2$	$18 \pm 0,2$	$20 \pm 0,2$	$22 \pm 0,2$
A_2	$22 \pm 0,2$	$32 \pm 0,2$	$16 \pm 0,2$	$18 \pm 0,2$	$20 \pm 0,2$	$22 \pm 0,2$	$32 \pm 0,2$	$16 \pm 0,2$	$18 \pm 0,2$	$20 \pm 0,2$
Δ	$2 \pm 0,3$	$2 \pm 0,3$	$3 \pm 0,3$	$2 \pm 0,3$	$1 \pm 0,3$	$2 \pm 0,3$	$2 \pm 0,3$	$3 \pm 0,3$	$2 \pm 0,3$	$1 \pm 0,3$

Задание 7.10

Определить, будет ли обеспечена требуемая точность осевого зазора Δ при сборке изделия (рис. 7.9) по методу полной взаимозаменяемости, если соответствующие размеры деталей приведены в табл. 7.6.

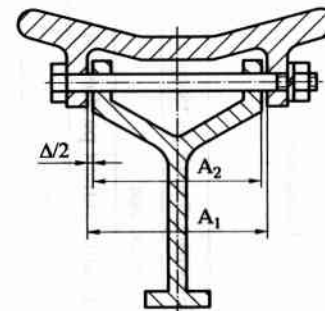


Рис. 7.8. Сборочная единица

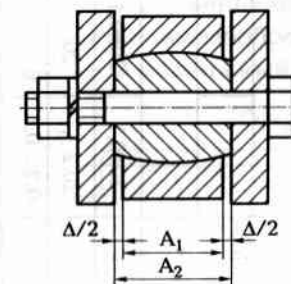


Рис. 7.9. Сборочная единица с осевым зазором

Таблица 7.6. Данные для выполнения задания 7.10

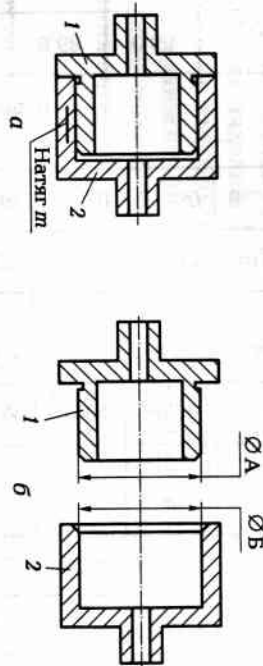
Обозначение размера	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Заданные размеры деталей и осевого зазора, мм									
A_1	$20 \pm 0,1$	$20 \pm 0,1$	$25 \pm 0,2$	$20 \pm 0,1$	$22 \pm 0,2$	$20 \pm 0,1$	$20 \pm 0,1$	$25 \pm 0,2$	$20 \pm 0,1$	$22 \pm 0,2$
A_2	$20,2_{-0,1}$	$20_{-0,3}$	$25,2_{-0,4}$	$20,2_{-0,1}$	$22,2_{-0,5}$	$20,2_{-0,1}$	$20_{-0,3}$	$25,2_{-0,4}$	$20,2_{-0,1}$	$22,2_{-0,5}$
Δ	$0,2 \dots 0,4$	$0,2 \dots 0,4$	$0,2 \dots 0,4$	$0,2 \dots 0,4$	$0,2 \dots 0,4$	$0,2 \dots 0,4$	$0,2 \dots 0,4$	$0,2 \dots 0,4$	$0,2 \dots 0,4$	$0,2 \dots 0,4$

Таблица 7.7. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.11

Показатель		Вариант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Заданные размеры деталей									
$\varnothing A$	Номинальный размер, мм	20,2	22,2	20,6	20,2	20,2	20,5	20,2	20,2	20,6	20,06
	Допуск, мм	-0,1	-0,1	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1
$\varnothing B$	Номинальный размер, мм	20	22	20	20	20	20	20	20	20	20
	Допуск, мм	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$+ 0,1$	-0,1	$\pm 0,1$	$+ 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	-0,1	$\pm 0,1$
Натяг l , мкм		5...52	10...50	5...20	5...52	5...28	5...52	6...50	5...52	8...62	5...52

Задание 7.11

Определить, соответствуют ли размеры деталей 1 и 2 (рис. 7.10) условиям обеспечения точности по величине натяга l , при сборке по методу полной взаимозаменяемости, если заданные размеры деталей указаны в табл. 7.7.

Рис. 7.10. Сборочная единица (d) с натягом в соединении деталей 1 и 2 (б)

Задание 7.12

Проверить, правильно ли назначены допуски на размеры $\varnothing A$ сферической поверхности и $\varnothing \Delta$ цилиндрического отверстия (рис. 7.11 и табл. 7.8), чтобы при сборке по методу полной взаимозаменяемости получился в соединении зазор Δ . В случае несоответствия следует изменить допуск на $\varnothing \Delta$ цилиндрического отверстия.

Метод неполной взаимозаменяемости. В тех случаях, когда применение метода полной взаимозаменяемости при обеспечении точности сборки не дает 100%-ной гарантии получения изделий без брака по сборочным параметрам, можно применить метод не-полной взаимозаменяемости. Его сущность заключается в том, что на размеры деталей, являющиеся составными звеньями раз-мерной сборочной цепи, назначают экономически целесообразные (в известных условиях производства) допуски, а возможный брак

Рис. 7.11. Сборочная единица сфериче-ского сопряжения

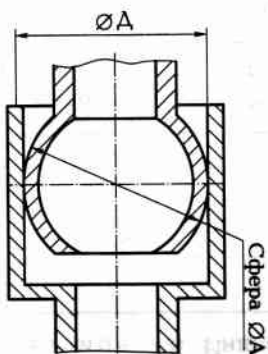


Таблица 7.8. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.12

Показатели соединения		Вариант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Заданные размеры деталей									
Отверстие ØД	Номинальный размер, мм	45	47	48	50	30	45	46	40	50	30
	Допуск, мм	+0,04	+0,06	+0,03	+0,04	+0,03	+0,04	+0,06	+0,03	+0,04	+0,03
Сфера ØА	Номинальный размер, мм	45	47	48	50	30	45	46	40	50	30
	Допуск, мм	-0,01	±0,02	-0,01	-0,02	-0,02	-0,02	±0,02	-0,01	-0,02	-0,02
Зазор Δ, мкм		0...50	0...50	0...45	0...60	0...40	0...50	0...50	0...45	0...55	0...40

Таблица 7.9. Зависимость риска от коэффициента взаимозаменяемости

Коэффициент η взаимозаменяемости	1,00	0,9	0,86	0,78	0,68	0,63	0,58	0,53	0,33
Возможный брак (% риска)	0,27	0,6	1	2	4	6	8	10	33

(% риска) по сборочному параметру заранее рассчитывают. Экономическая эффективность метода сборки должна подтверждаться расчетом.

Сборку осуществляют по методу полной взаимозаменяемости, однако более тщательно контролируют сборочные параметры для выявления нестандартных изделий, которые затем можно разобрать, а годные детали снова включить в процесс сборки последующих изделий. При этом методе сборки вводят понятие коэффициента взаимозаменяемости η, который показывает соотношение заданного допуска $T_{зад}$ замыкающего звена и допуска $T_{эк}$ на это звено, получающегося в результате снижения точности изготовления деталей, т. е.

$$\eta = T_{зад} / T_{эк}$$

Известна [10] взаимосвязь между коэффициентом взаимозаменяемости и возможным при этом процентом риска (табл. 7.9).

Задание 7.13

При сборке ступени редуктора (см. рис. 7.6) необходимо обеспечить осевой зазор Δ. Из условий экономической целесообразности изготовили детали с пониженной точностью. Определить для одного из вариантов расчета, сколько следует ожидать нестандартных по величине осевого зазора изделий, если для 1050 изделий предусматривается сборка по методу неполной взаимозаменяемости. Исходная информация для расчетов приведена в табл. 7.10.

Пример выполнения задания (вариант № 0)

Для того чтобы воспользоваться табл. 7.9 для определения возможного процента риска, необходимо знать значение коэффициента взаимозаменяемости. Нам уже известно, что допуск на замыкающее звено размерной цепи равен сумме допусков на составляющие звенья. Тогда

$$T_{зак} = T_{1эк} + T_{2эк} + T_{зэк} + T_{1эк} = 0,20 + 0,10 + 0,15 + 0,10 = 0,55 \text{ мм.}$$

Коэффициент взаимозаменяемости

$$\eta = T_{зад} / T_{зэк} = 0,5 / 0,55 = 0,91.$$

Воспользовавшись табл. 7.9, находим, что риск может составить 0,6%. Следовательно, возможное число $L_{нек}$ нестандартных сборочных единиц

$$L_{нек} = 1050 \cdot 0,006 = 6,3 \text{ шт.}$$

Таблица 7.10. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.13

Показатели		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Заданные размеры деталей, мм										
A ₁	Номинальный размер	80	82	78	76	80	80	77	80	76	80	80
	T _{1эк}	-0,2	-0,15	-0,2	-0,22	-0,21	-0,2	-0,24	-0,2	-0,21	-0,2	-0,22
A ₂	Номинальный размер	10	11	9	8	10	10	8,5	10	8	10	10
	T _{2эк}	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
A ₃	Номинальный размер	104,5	106,5	102,5	100,5	104,5	104,5	101,5	104,5	100,5	104,5	104,5
	T _{эк}	+0,15	+0,15	+0,15	+0,15	+0,15	+0,15	+0,15	+0,15	+0,15	+0,15	+0,15
A ₄	Номинальный размер	10	11	9	8	10	10	8,5	10	8	10	10
	T _{4эк}	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Δ	Номинальный размер	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
	T _{ΔэкΔ}	+0,5	+0,6	+0,7	+0,5	+0,6	+0,5	+0,6	+0,5	+0,4	+0,5	+0,4

Таким образом, из 1 050 собираемых ступеней редуктора может быть забраковано не более 7 шт. Много это или мало? Ответ на этот вопрос дает экономический расчет.

Задание 7.14

При сборке изделия, состоящего из шести деталей, необходимо обеспечить зазор Δ. Экономическая точность размеров деталей соответствует 10-му качеству. Номинальные значения размеров составляющих звеньев сборочной цепи приведены в табл. 7.11. Определить возможное количество некондиционных по величине зазора сборочных единиц, если на сборку поступит 10 000 комплектов деталей.

Таблица 7.11. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.14

Показатели	Вариант										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A ₁ (H10)	21	22	24	26	31	24	26	31	24	26	
A ₂ (H10)	40	48	40	49	50	48	40	49	50	48	
A ₃ (h10)	30	40	50	30	35	30	40	50	30	35	
A ₄ (h10)	10	14	20	30	14	20	30	14	20	30	
A ₅ (h10)	8,5	15	10	8,5	12	10	8,5	12	10	8,5	
A ₆ (h10)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	
Δ	Номиналь- ный размер	0,5	0,6	0,5	0,8	0,9	0,6	0,5	0,8	0,9	0,6
Допуск		±0,2	±0,3	±0,2	±0,4	±0,3	±0,4	±0,3	±0,4	±0,3	±0,4

Задание 7.15

При напрессовке зубчатого колеса 1 на шейку вала 2 (рис. 7.12) необходимо обеспечить натяг 0,020 ... 0,025 мм по посадочному диаметру (ØΔ). Определить ожидаемое количество некондиционных сборочных комплектов. Посадочные размеры деталей (вала и отверстия) и их заданный квалитет точности приведены в табл. 7.12.

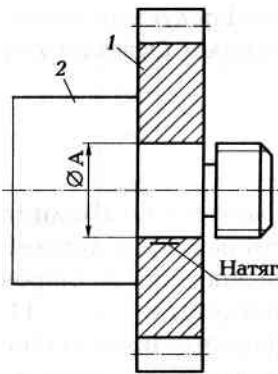


Рис. 7.12. Схема соединения с натягом

Метод подбора деталей. В тех случаях, когда применение метода полной взаимозаменяемости при обеспечении точности сборки по каким-либо причинам применять нецелесообразно, можно применить метод подбора деталей. В нем базовые размеры деталей получают с экономически приемлемыми допусками, а точность сборочных параметров обеспечивают в процессе сборки, подбирая сопрягаемые детали по размерам или другим параметрам. Различают **парный метод** подбора деталей и **групповой**.

При парном методе сопрягаемые детали подбирают одна к другой путем обмера их поверхностей непосредственно на рабочем месте сборщика. Сопоставляя действительные значения размеров сопрягаемых поверхностей, подбирают такую пару деталей, чтобы при их сборке была обеспечена точность сборочного параметра. Затем переходят к подборке следующей пары деталей и т.д. При этом могут оказаться «лишние» детали, к которым подобрать сопрягаемую деталь не удалось. Такие детали можно включить в последующие комплекты деталей, поступающие на сборку.

При групповом методе подбора деталей (групповая взаимозаменяемость) предварительно измеряют размеры сопрягаемых поверхностей у всех деталей, поступивших на сборку, и на основании действительных размеров рассортировывают детали на группы. Изделия или сборочные единицы в пределах одной группы собирают по методу полной взаимозаменяемости. При этом точность сборки повышается во столько раз, на сколько групп рассортировали поступившие на сборку детали. Метод сборки, при котором точность сборочных параметров обеспечивается групповым подбором дета-

Таблица 7.12. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.15

ØA	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номинальный размер, мм	25	15	25	20	28	25	20	35	20	32
Точность	H10	H11	H10	H11	H10	H12	H13	H10	H13	H11
	h10	h11	h12	h10	h10	h12	h13	h12	h12	h10

лей, называют **селективной сборкой**. Этот метод сборки позволяет при относительно невысокой точности изготовления большого количества деталей достигать в процессе сборки высокоточных сборочных параметров.

Число групп m рассортировки деталей определяют по формуле

$$m = (T_n + T_b) / T_{\Delta}$$

где T_n — допуск на заданный наружный размер (вала); T_b — допуск на заданный внутренний размер (втулка); T_{Δ} — допуск на сборочный параметр (зазор). Если результат расчета получается дробным числом, то его округляют до ближайшего большего целого числа.

Задание 7.16

Определить на сколько групп следует рассортировать партию поступивших на сборку деталей 1 и 2 и групповые размеры для рассортировки деталей, чтобы обеспечить в соединении (рис. 7.13, а) зазор Δ . Заданные размеры деталей и зазор в соединении указаны в табл. 7.13.

Пример выполнения задания (вариант № 0)

Учитывая размеры сопрягаемых поверхностей (рис. 7.13, б), определяем, что при сборке этого соединения по методу полной взаимозаменяемости зазор может колебаться в пределах от минимального значения $\Delta_{\min} = A_{2\min} - A_{1\max} = 40,00 - 39,84 = 0,16$ мм до максимального значения $\Delta_{\max} = A_{2\max} - A_{1\min} = 40,06 - 39,78 = 0,28$ мм.

Допуск на зазор получается $T_{\Delta} = \Delta_{\max} - \Delta_{\min} = 0,28 - 0,16 = 0,12$ мм, а это не соответствует заданной точности ($T_{\Delta_{\text{зад}}} = 0,04$ мм). Следовательно, собирая данное соединение по методу полной взаимозаменяемости, точность сборки не будет обеспечена.

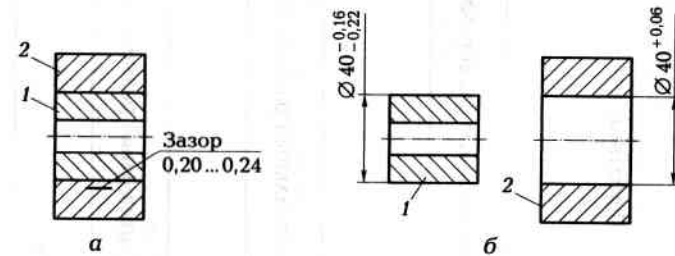


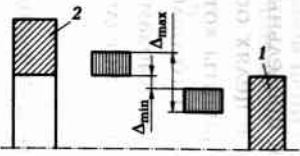
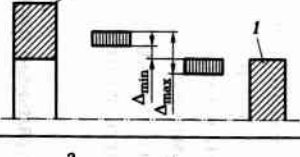
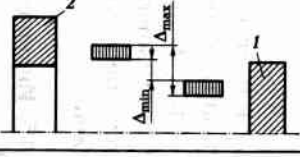
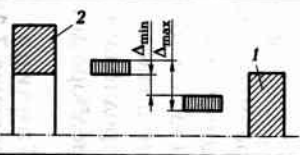
Рис. 7.13. Схема соединения с зазором:

а — соединение в сборе; б — сопрягаемые поверхности; 1 — деталь с наружной посадочной поверхностью; 2 — деталь с внутренней посадочной поверхностью

Таблица 7.13. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.15

Показатели		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Заданные размеры деталей, мм										
A ₁	Номинальный размер, мм	40	50	60	45	65	55	20	30	40	35	40
	T ₁	-0,16 -0,22	-0,18 -0,24	-0,14 -0,20	-0,16 -0,22	-0,20 -0,28	-0,16 -0,24	-0,18 -0,22	-0,16 -0,20	-0,18 -0,28	-0,16 -0,22	-0,14 -0,22
A ₂	Номинальный размер, мм	40	50	60	45	65	55	20	30	40	35	40
	T ₂	+0,06	+0,06	+0,06	+0,06	+0,06	+0,06	+0,06	+0,06	+0,06	+0,06	+0,06
Δ	Номинальный размер, мм	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
	T _{Δзад}	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02

Таблица 7.14. Рассортировка деталей 1 и 2 по размерам на три группы

Метод сборки	Группа рассортировки	Схема расположения полей допусков	Деталь 2		Деталь 1		Зазор		Допуск посадки, мм
			Предельные размеры, мм						
			max	min	max	min	max	min	
Полная взаимозаменяемость	—		40,06	40,00	39,84	39,78	0,28	0,16	0,12
Групповая взаимозаменяемость	1		40,06	40,04	39,84	39,82	0,24	0,20	0,04
	2		40,04	40,02	39,82	39,80	0,24	0,20	0,04
	3		40,02	40,00	39,80	39,78	0,24	0,20	0,04

Количество m групп рассортировки деталей перед сборкой, чтобы обеспечить требуемую точность, определим по формуле

$$m = (T_n + T_b) / T_{\Delta} = (0,06 + 0,06) / 0,04 = 3.$$

Полученный результат ($m = 3$) показывает, что для обеспечения заданной точности сборки поступившие детали необходимо перед их сборкой рассортировать по размерам на три группы (табл. 7.14).

Задание 7.17

Определить количество размерных групп и групповые размеры валов и отверстий, если вместо предполагаемого соединения вала с отверстием втулки по посадке $\varnothing 80H6/h6$ принято решение по экономическим соображениям снизить точность изготовления деталей на два качества, т. е. валы изготовлены с размерами $\varnothing 80h8$, а отверстия во втулках — с размерами $\varnothing 80H8$. Точность сборки предполагается обеспечивать методом группового подбора деталей, т. е. проводить селективную сборку.

Задание 7.18

Определить число размерных групп и предельные отклонения размеров валов и отверстий в группах в целях осуществления соединения вала и втулки по посадке, варианты которой указаны в табл. 7.15. Так как экономическая точность изготовленных деталей не позволяет реализовать метод полной взаимозаменяемости, то предполагается обеспечить точность сборки методом группового подбора деталей.

Таблица 7.15. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.18

Вариант	Требуемая посадка в соединении	Квалитет экономически оправданной точности готовых деталей	
		Отверстия во втулке	Вала
1	$\varnothing 45H7/f8$	$\varnothing 45H9$	$\varnothing 45f10$
2	$\varnothing 64D9/h7$	$\varnothing 64D11$	$\varnothing 64h9$
3	$\varnothing 30H8/h7$	$\varnothing 30H12$	$\varnothing 30h9$
4	$\varnothing 80H10/d8$	$\varnothing 80H12$	$\varnothing 80d9$

Вариант	Требуемая посадка в соединении	Квалитет экономически оправданной точности готовых деталей	
		Отверстия во втулке	Вала
5	$\varnothing 50F8/d8$	$\varnothing 50F9$	$\varnothing 50d9$
6	$\varnothing 120H8/h8$	$\varnothing 120H11$	$\varnothing 120h10$
7	$\varnothing 24H5/h7$	$\varnothing 24H8$	$\varnothing 24h8$
8	$\varnothing 70H7/h7$	$\varnothing 70H10$	$\varnothing 70h10$
9	$\varnothing 15D9/h9$	$\varnothing 15D11$	$\varnothing 15h10$
10	$\varnothing 100F8/h8$	$\varnothing 100F9$	$\varnothing 100h9$

Метод компенсации или регулирования является основным в серийном производстве. Сущность метода состоит в том, что заданное значение сборочного параметра достигается изменением соответствующего размера дополнительной детали (компенсатора), без удаления с нее слоя материала во время сборки. Остальные звенья размерной цепи в этом случае выполняют с экономической точностью. Изменение размера компенсационного звена можно производить:

- заменой одного компенсатора на другой аналогичный, но с большим или с меньшим компенсационным размером согласно проведенному расчету;
- изменением положения (перемещением) компенсатора на величину избыточного отклонения замыкающего звена.

Неподвижные компенсаторы на сборку поступают в виде комплекта из нескольких штук. В этом комплекте размер последующего компенсатора больше предыдущего на определенную величину, называемую шагом компенсации. По форме компенсаторы бывают в виде колец различной толщины, прокладок, шайб, втулок и др. Встречаются конструкции, в которых роль компенсатора выполняет несложная деталь.

Величину δ_k необходимой компенсации определяют как разность между возможным (действительным) полем допуска $T_{\Delta\Delta}$ замыкающего звена при заданных размерах составляющих звеньев и заданным допуском $T_{\Delta\Delta\Delta}$ этого звена, т. е.

$$\delta_k = T_{\Delta\Delta} - T_{\Delta\Delta\Delta}$$

Метод пригонки или доработки. Заданная точность сборки обеспечивается изменением размера одной из деталей, входящих в конструкцию собираемого изделия путем снятия с нее слоя материала, т. е. механической доработкой в процессе сборки изделия. Для этого у детали предусмотрен определенный припуск, равный расчетной величине компенсации. Этот припуск определяют расчетом сборочной размерной цепи. Остальные детали соединения, размеры которых влияют на точность сборочного параметра, изготавливают с пониженной (экономически целесообразной) точностью.

При реализации данного метода вначале собирают изделие или сборочную единицу по методу полной взаимозаменяемости, затем измеряют сборочный параметр, например зазор, сравнивают результат с заданным значением и определяют размер снимаемого слоя материала. После чего разбирают изделие и направляют на доработку деталь с компенсационным припуском. После доработки деталь тщательно промывают и снова собирают изделие с последующим контролем сборочного параметра. При необходимости эту процедуру повторяют до тех пор, пока не будет достигнута заданная точность сборочного параметра.

Задание 7.19

По одному из вариантов задания (табл. 7.16) рассчитать размеры и определить количество неподвижных, изготавливаемых с точностью T_K компенсаторов К, предназначенных для обеспечения в сборочной единице (рис. 7.14, а) зазора Δ . Размеры звеньев сборочной цепи и точность T_K изготовления компенсатора представлены в табл. 7.16.

Пример выполнения задания (вариант № 0)

Из анализа сборочной единицы очевидно, что компенсатор имеет вид шайбы толщиной A_3 . Размерная цепь, которую необходимо использовать для определения толщины компенсатора, будет состоять из четырех звеньев. Составим сборочную размерную цепь (рис. 7.14, б) и вычислим, используя информацию из табл. 7.16, номинальное значение $A_{3ном}$ толщины компенсатора:

$$A_{3ном} = A_2 - (A_1 + \Delta) = 49 - (40 + 2) = 7 \text{ мм.}$$

Возможное (заданное) рассеяние поля допуска зазора найдем в виде суммы абсолютных значений заданных допусков состав-

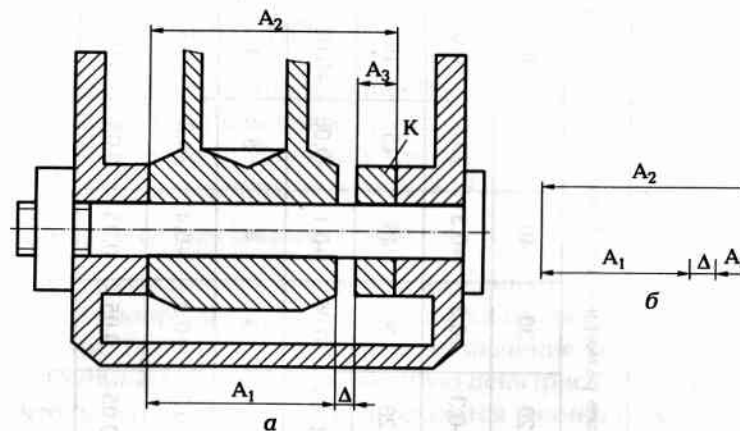


Рис. 7.14. Сборочная единица с осевым зазором и компенсатором: а — сборочный чертеж; б — схема сборки

ляющих звеньев (с учетом допуска на изготовление компенсаторов $T_K = 0,05$ мм), а именно:

$$T_{\Delta} = T_{1зад} + T_{2зад} + T_K = 0,3 + 0,4 + 0,05 = 0,75 \text{ мм.}$$

Величину δ_K необходимой компенсации определим как разность между возможным (действительным) полем допуска $T_{\Delta\Delta}$ зазора при заданных размерах составляющих звеньев и заданным допуском $T_{\Delta\Delta}$ этого зазора, т. е.

$$\delta_K = T_{\Delta} - T_{\Delta\Delta} = 0,75 - 0,3 = 0,45 \text{ мм.}$$

Число N ступеней компенсатора, изготовленного с допуском T_K ,

$$N = T_{\Delta} / (T_{\Delta\Delta} - T_K) = 0,75 / (0,3 - 0,05) = 3.$$

Тогда шаг $S_{ст}$ ступеней компенсатора

$$S_{ст} = T_{\Delta} / N = 0,75 / 3 = 0,25 \text{ мм.}$$

Таким образом, толщина компенсатора первой ступени

$$A_{3(1)} = A_{3ном} \pm 0,5T_K = 7 \pm 0,025 \text{ мм.}$$

Толщина компенсатора второй ступени

$$A_{3(II)} = (A_{3(1)} + S_{ст}) \pm 0,5T_K = (7 + 0,25) \pm 0,025 = 7,25 \pm 0,025 \text{ мм.}$$

Толщина компенсатора третьей ступени

$$A_{3(III)} = (A_{3(II)} + S_{ст}) \pm 0,5T_K = (7,25 + 0,25) \pm 0,025 = 7,50 \pm 0,025 \text{ мм.}$$

Таблица 7.16. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.19

Показатели		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Заданные размеры составляющих звеньев размерной цепи, мм										
A ₁	Номинальный размер	40	50	60	45	65	55	20	30	40	35	40
	T _{1зад}	+0,3	+0,4	+0,6	+0,2	+0,3	+0,5	+0,3	+0,2	+0,3	+0,5	+0,6
A ₂	Номинальный размер	49	56	68	52	72	65	28	36	48	45	48
	T _{2зад}	-0,4	+0,06	+0,08	+0,1	+0,2	+0,06	+0,08	+0,06	+0,1	+0,06	+0,08
Δ	Номинальный размер	2	3	4	3	4	6	4	3	4	5	4
	T _{Δзад}	+0,3	+0,4	+0,5	+0,3	+0,3	+0,2	+0,3	+0,3	+0,4	+0,3	+0,5
T _к		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Задание 7.20

По одному из вариантов задания (табл. 7.17) определить размеры (толщину и допуск) компенсатора К, обеспечивающего в изделии (рис. 7.15, а) зазор Δ. Известно, что на сборку детали поступают с размерами, приведенными в табл. 7.17.

Пример решения (вариант № 0)

Из исходных данных имеем, что заданная точность сборочного параметра (зазора Δ) $T_{\Delta \text{зад}} = 0,6$ мм. Допуски на составляющие звенья $T_1 = 0,22$ мм, $T_2 = 0,14$ мм, номинальное значение зазора составляет 0,2 мм. Составим сборочную размерную цепь (рис. 7.15, б) и определим, что замыкающим звеном A₂ является размер (толщина) компенсатора К; звено A₁ является увеличивающим, а A₂ и A₃ являются уменьшающими звеньями.

Номинальный размер замыкающего звена

$$A_2 = A_1 - (A_2 + A_3) = 65 - (58 + 0,2) = 6,8 \text{ мм.}$$

Определим средние отклонения $T_{\text{ср1}}$ полей допусков составляющих звеньев (A₁, A₂, A₃), используя их верхние и нижние отклонения:

$$T_{\text{ср1}} = 0,5(T_{\text{верх}} + T_{\text{нижн}}) = 0,5[0 + (-0,22)] = -0,11 \text{ мм;}$$

$$T_{\text{ср2}} = 0,5(T_{\text{верх}} + T_{\text{нижн}}) = 0,5[-0,41 + (-0,55)] = -0,48 \text{ мм;}$$

$$T_{\text{срΔ}} = 0,5(T_{\text{верх}} + T_{\text{нижн}}) = 0,5(0 + 0,6) = 0,3 \text{ мм.}$$

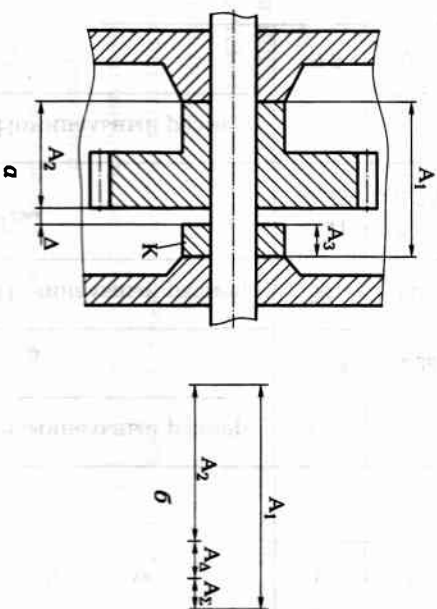


Рис. 7.15. Сборочная единица с осевым зазором и компенсатором:
а — сборочный чертеж; б — схема сборки

Таблица 7.17. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.20

Показатели		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Заданные размеры составляющих звеньев размерной цепи, мм												
A ₁	Номинальный размер	65	67	65	69	65	70	65	68	64	67	65
	T _{1зад}	-0,22	-0,28	-0,3	-0,28	-0,35	-0,22	-0,3	-0,28	-0,3	-0,22	-0,28
A ₂	Номинальный размер	58	60	57	62	58	63	59	60	57	60	58
	T _{2зад}	-0,41 -0,55	-0,32 -0,55	-0,30 -0,64	-0,41 -0,55	-0,41 -0,55	-0,40 -0,50	-0,41 -0,55	-0,41 -0,55	-0,32 -0,55	-0,30 -0,64	-0,41 -0,55
Δ	Номинальный размер	0,2	0,6	0,2	0,8	0,3	0,8	0,4	0,8	0,6	0,2	0,3
	T _{Δзад}	+0,6	+0,3	+0,1	+0,6	+0,2	+0,3	+0,3	+0,6	+0,2	+0,3	+0,6

Определяем среднее отклонение поля допуска замыкающего звена:

$$T_{\text{ср}\Sigma} = \sum T_{\text{ср,увел}} - \sum T_{\text{ср,умен}} = -0,11 - (-0,48 + 0,3) = +0,07 \text{ мм.}$$

Определим поле допуска замыкающего звена:

$$T_{\Sigma} = T_{1\text{зад}} + T_{2\text{зад}} + T_{\Delta\text{зад}} = 0,22 + 0,14 + 0,6 = 0,96 \text{ мм.}$$

Найдем предельные отклонения замыкающего звена:

- верхнее предельное отклонение $T_{\Sigma\text{вер}} = T_{\text{ср}\Sigma} + 0,5T_{\Sigma} = 0,07 + 0,96/2 = 0,55 \text{ мм};$
- нижнее предельное отклонение $T_{\Sigma\text{ниж}} = T_{\text{ср}\Sigma} - 0,5T_{\Sigma} = 0,07 - 0,96/2 = 0,41 \text{ мм.}$

Наибольший размер замыкающего звена $A_{\Sigma\text{max}} = A_{\Sigma} + T_{\Sigma\text{вер}} = 6,8 + 0,55 = 7,35 \text{ мм.}$

Наименьший размер замыкающего звена $A_{\Sigma\text{min}} = A_{\Sigma} + T_{\Sigma\text{ниж}} = 6,8 + 0,41 = 7,21 \text{ мм.}$

Таким образом, чертежный размер A_3 компенсатора будет

$$A_3 = 6,8^{+0,55}_{-0,41}.$$

7.4. КОНТРОЛЬ СБОРОЧНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

В процессе сборки независимо от метода обеспечения точности требуется тщательный контроль сборочных параметров. К наиболее характерным сборочным и технологическим параметрам относят следующие:

- зазоры (осевые, радиальные, боковые, торцевые);
- биения поверхностей деталей относительно осей базовых поверхностей (радиальные и торцевые);
- соосность гнезд под подшипники;
- зазоры и натяги в гладких цилиндрических сопряжениях;
- усилие завинчивания резьбовых соединений;
- усилие запрессовки;
- температура нагрева и охлаждения деталей перед их соединением;
- масса деталей;
- усилия упругих элементов и др.

Контроль соосности гнезд под подшипники. Соосность можно проконтролировать:

- жесткими калибрами с комплектом технологических вкладышей;
- индикаторными приспособлениями;
- оптическими приборами;
- пневматическими приборами.

При контроле соосности жестким калибром 1 с комплектом технологических вкладышей 2, 3, 4 (рис. 7.16, а) следует помнить, что точность данного метода измерения зависит от технологических радиальных зазоров в сопряжениях вкладыш — корпус и вкладыш — калибр, обеспечивающие сборку-разборку измерительного комплекта (калибр и набор вкладышей). Зазор в соединении вкладыш-корпус в основном зависит от точности отверстия в корпусе, так как детали измерительного комплекта изготавливают с высокой точностью и минимальным зазором в сопряжении вкладыш — калибр.

Величину остаточной несоосности μ , мм, можно определить расчетом для каждого конкретного случая, например при двух отверстиях (рис. 7.16, б), по формуле

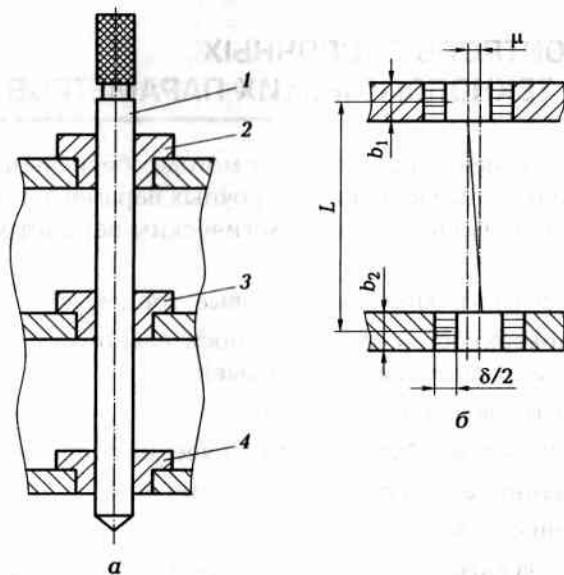


Рис. 7.16. Схема контроля соосности с комплектом технологических вкладышей:

а — конструктивная схема; б — расчетная схема

$$\mu = L\delta / (2b),$$

где L — расстояние между отверстиями, соосность которых определяют; δ — суммарный радиальный зазор между калибром, вкладышем и отверстием; b — толщина вкладышей ($b = b_1 = b_2$).

Задание 7.21

Оценить точность измерения соосности двух базовых поверхностей посадочных мест под подшипники в собираемом корпусе изделия с использованием жесткого калибра и комплекта вкладышей. Зазор между калибром и каждым из вкладышей равен 0,01 мм. Наружные цилиндрические поверхности вкладышей изготовлены по качеству h8. Схема измерения аналогична приведенной на рис. 7.16, б. Исходные данные для расчета приведены в табл. 7.18.

Пример выполнения задания (вариант № 0)

Определим по таблицам допусков и посадок (Приложение 5) цифровые значения допусков на наружные цилиндрические поверхности вкладышей, обработанные по качеству h8:

$$\varnothing 30h8 = \varnothing 30_{-0,033}.$$

Определим максимально возможный зазор $\delta_{\text{корп}}$ между вкладышем и корпусной деталью как разность максимального размера отверстия и минимального размера вкладыша:

$$\delta_{\text{корп}} = A_{\text{отв max}} - A_{\text{вкл min}} = 30,01 - 29,967 = 0,043 \text{ мм.}$$

Величину наименьшей несоосности μ , при которой жесткий калибр пройдет сквозь отверстия вкладышей, определим по формуле

$$\mu_{\text{min}} = L\delta / (2b) = 200 \cdot 0,043 / 2 \cdot 10 = 0,43 \text{ мм.}$$

Расчет показал, что при несоосности посадочных отверстий под подшипники, более 0,43 мм, жесткий калибр пройдет сквозь отверстия обоих вкладышей, т.е. проверяющий будет уверен, что соосность отверстий обеспечена с точностью 0,43 мм.

Задание 7.22

При проверке соосности четырех посадочных мест под подшипники жестким калибром 1 (рис. 7.17) обеспечивался действительный гарантированный радиальный зазор $\delta = 0,01$ мм между калибром

Таблица 7.18. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.21

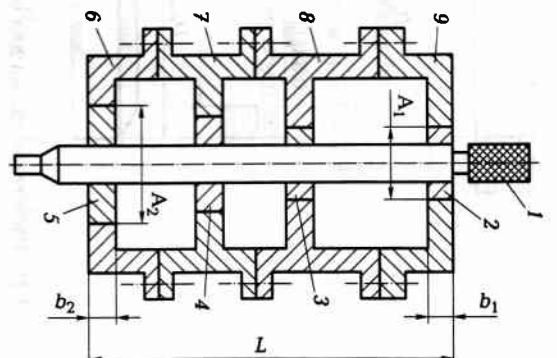
Показатели		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Заданные размеры, мм										
A ₁	Номинальный размер	30	40	45	50	30	35	38	42	30	50	40
	Точность	±0,01	±0,02	±0,03	±0,015	±0,01	±0,02	±0,02	±0,03	±0,015	±0,01	±0,02
A ₂	Номинальный размер	30	40	45	50	30	35	38	42	30	50	40
	Точность	±0,01	±0,02	±0,03	±0,015	±0,01	±0,02	±0,02	±0,03	±0,015	±0,01	±0,02
L		200	250	260	300	280	200	210	260	280	300	320
b ₁ = b ₂		10	15	20	20	18	10	16	18	10	20	10

Таблица 7.19. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.22 и 7.23

Показатели		Вариант										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Заданные размеры, мм										
A ₁	Номинальный размер	40	50	55	60	50	65	48	42	50	50	60
	Точность	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9
A ₂	Номинальный размер	50	60	65	70	60	75	58	52	60	60	70
	Точность	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9
L		400	450	300	360	380	600	610	660	580	600	620
b ₁ = b ₂		25	25	30	40	38	40	46	48	30	40	30

Примечание. При расчете достаточно использовать параметры, относящиеся к крайним отверстиям и вкладышам.

Рис. 7.17. Схема контроля соосности четырех посадочных мест под подшипники



и каждый из вкладышей 2, 3, 4, 5. Радиальный зазор Δ между вкладышами и отверстием в корпусе определяется точностью изготовления наружных диаметров вкладышей и отверстий в корпусе. Наружный диаметр калибра изготовлен по седьмому качеству точности (H7), а отверстия в корпусе — по девятому качеству (H9). Требуется определить по одному из вариантов задания (табл. 7.19) возможную невыявленную несоосность посадочных мест под подшипники в корпусных деталях 6, 7, 8 и 9 после их предварительной сборки с технологическими вкладышами.

Задание 7.23

При проверке соосности с помощью жесткого калибра 1 (см. рис. 7.17) допускается величина μ невыявленной несоосности ($\mu = 0,1$ мм). Определить максимально возможный зазор между наружными цилиндрическими поверхностями вкладышей 2, 3, 4, 5 и цилиндрическими поверхностями отверстий под подшипники в корпусных деталях 6, 7, 8 и 9. Технологический зазор между наружной поверхностью жесткого калибра и внутренней поверхностью вкладышей обеспечен 0,005 мм при изготовлении измерительного комплекта. Исходная информация для расчета приведена в табл. 7.19.

Контроль зазоров и натягов. Универсальным инструментом для контроля зазоров является щуп. В труднодоступных местах зазоры можно измерить специальными щупами-калибрами, индикаторными приспособлениями, по отпечатку на мягком материале, например свинцовой проволочке, и др.

При посадке на вал 1 ступицы 2 (рис. 7.18) радиальный зазор Δ получится лишь в том случае, если размер D_g вала меньше размера D_o отверстия в ступице, т. е.

$$\Delta = D_o - D_g$$

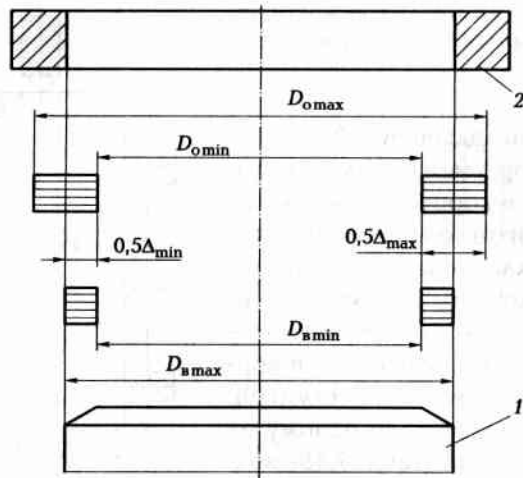


Рис. 7.18. Расчетная схема для определения вида посадки ступицы на вал

Если же размер вала больше размера отверстия ($D_o < D_b$), то в соединении получится натяг ($\Delta < 0$).

При проектировании изделий рассчитывают предельные значения зазора или натяга для всей партии соединений. Максимально возможный зазор в соединении

$$\Delta_{\max} = D_{o \max} - D_{b \min}$$

Минимально возможный зазор в соединении

$$\Delta_{\min} = D_{o \min} - D_{b \max}$$

Аналогично натяг в соединении

$$\Delta_{н \max} = D_{b \max} - D_{o \min}$$

$$\Delta_{н \min} = D_{b \min} - D_{o \max}$$

Наиболее распространенным способом проверки действительного натяга или зазора в соединении является измерение диаметров вала и отверстия в трех сечениях по длине поверхности и в двух взаимно-перпендикулярных направлениях.

Задание 7.24

При измерении наружного диаметра цапфы вала 1 и внутреннего диаметра вкладыша 2 (рис. 7.19, а) — деталей подшипника скольжения, которые будут сопрягаться при сборке, получили размеры,

указанные в табл. 7.20. Требуется по одному из вариантов задания определить максимальный и минимальный зазор в соединении подшипника и попытаться представить (изобразить) действительную геометрическую форму сопрягаемых поверхностей.

Пример выполнения задания (вариант № 0)

Предварительный анализ результатов измерений показывает, что при повороте цапфы вала 1 относительно вкладыша 2 будут изменяться радиальные зазоры по длине подшипника. Рассчитаем эти зазоры по сечениям подшипника.

Сечение 1—1.

По результатам измерений имеем:

$$d_{1 \min} = d_{1c} = 29,8 \text{ мм};$$

$$D_{1 \max} = D_{1c} = 30,3 \text{ мм}.$$

Максимальный зазор $\Delta_{1 \max} = D_{1 \max} - d_{1 \min} = 30,3 - 29,8 = 0,5 \text{ мм}.$

$$d_{1 \max} = d_{1a} = 30,1 \text{ мм};$$

$$D_{1 \min} = D_{1a} = 30,1 \text{ мм}.$$

Таблица 7.20. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.24

Вариант	Сечение с—с						Сечение а—а					
	d_1	d_2	d_3	D_1	D_2	D_3	d_1	d_2	d_3	D_1	D_2	D_3
	Измеренные значения, мм											
0	29,8	29,8	29,8	30,3	29,8	30,1	30,1	29,8	29,7	30,1	30,0	30,2
1	29,8	29,7	29,8	30,4	30,3	30,2	29,9	29,6	29,9	30,1	30,1	30,3
2	29,7	29,8	29,8	30,3	30,1	30,3	29,8	29,8	29,8	30,2	30,3	30,2
3	29,6	29,6	29,8	30,2	30,1	30,1	29,7	29,9	29,7	30,3	30,0	30,5
4	29,8	29,8	29,8	30,3	30,2	30,1	29,8	29,8	29,8	30,4	30,1	30,4
5	29,5	29,4	29,8	30,4	30,3	30,2	29,6	29,7	29,6	30,1	30,2	30,3
6	29,7	29,8	29,8	30,3	30,4	30,3	29,8	29,8	29,8	30,3	30,0	30,2
7	29,8	29,7	29,8	30,5	30,1	30,4	29,9	29,6	29,9	30,1	30,4	30,1
8	29,6	29,6	29,8	30,3	30,3	30,1	29,7	29,8	29,9	30,2	30,3	30,2
9	29,8	29,8	29,8	30,4	30,1	30,3	29,9	29,9	29,8	30,3	30,2	30,5
10	29,7	29,7	29,8	30,3	30,3	30,1	29,8	29,7	29,7	30,4	30,0	30,4

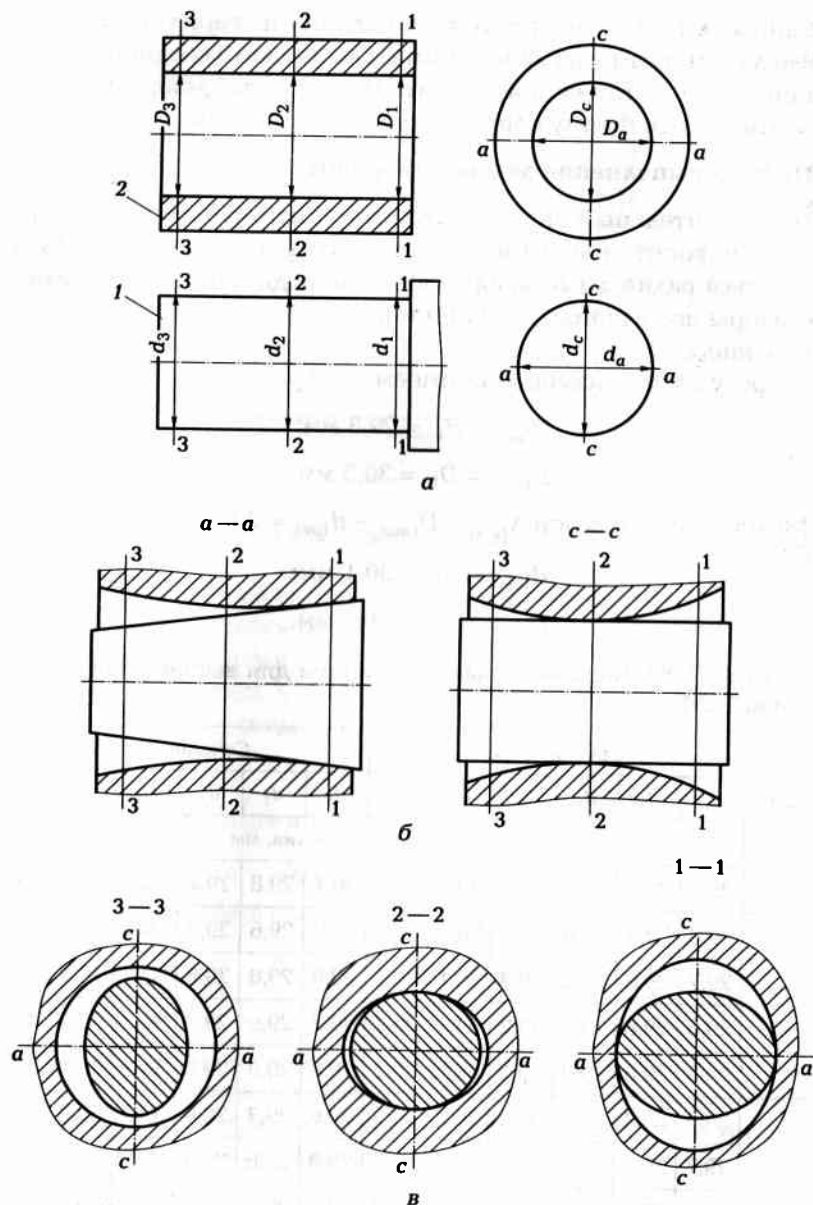


Рис. 7.19. Схема измерения наружного и внутреннего диаметров цилиндрических поверхностей:
 а — цапф и вкладыша; б — действительные отклонения от цилиндричности; в — действительные отклонения от круглости

Минимальный зазор $\Delta_{1\min} = D_{1\min} - d_{1\max} = 30,1 - 30,1 = 0$ мм.
 Рассуждая аналогичным образом, по результатам измерений имеем:

- сечение 2—2:
- максимальный зазор $\Delta_{2\max} = D_{2\max} - d_{2\min} = 30,0 - 29,8 = 0,2$ мм;
 - минимальный зазор $\Delta_{2\min} = D_{2\min} - d_{2\max} = 29,8 - 29,8 = 0$ мм;
- сечение 3—3:
- максимальный зазор $\Delta_{3\max} = D_{3\max} - d_{3\min} = 30,2 - 29,7 = 0,5$ мм;
 - минимальный зазор $\Delta_{3\min} = D_{3\min} - d_{3\max} = 30,1 - 29,9 = 0,2$ мм.

Геометрическая интерпретация формы поверхностей деталей подшипника представлена на рис. 7.19, б, в.

Таким образом, можно сделать вывод, что в подшипнике скольжения радиальный зазор при повороте цапфы вала внутри вкладыша будет изменяться от 0 до 0,5 мм, т. е. возможен задир поверхностей подшипника.

В качестве рекомендации технолог может предложить произвести приработку поверхностей подшипника на щадящих режимах с дальнейшей переборкой или в технологический процесс ввести дополнительные операции по притирке обеих (наружной и внутренней) поверхностей подшипника скольжения.

Задание 7.25

По требованиям на сборку зазор Δ в соединении (рис. 7.20) должен быть в пределах 0,5...0,8 мм. При замере сопрягаемых деталей 1 и 2 по трем сечениям 1—1, 2—2, 3—3 и в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях а—а и с—с получили результаты, сведенные в табл. 7.21. Требуется по одному из вариантов задания определить, будут ли нарушены требования на сборку соединения по надежному обеспечению зазора.

Расчет и контроль температуры нагрева и охлаждения деталей перед сборкой. При сборке поперечно-прессовых соединений (гарантированным натягом) сближение сопрягаемых поверхностей происходит по нормали к этим поверхностям (рис. 7.21, а). Для этого требует-

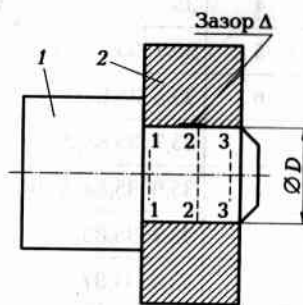


Рис. 7.20. Схема измерения параметров сопрягаемых цилиндрических поверхностей

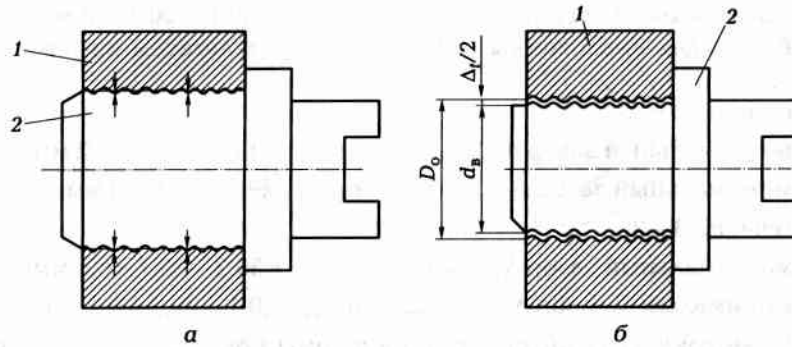


Рис. 7.21. Схема поперечно-прессового соединения:

a — взаимоположение деталей после выравнивания температуры; *b* — взаимоположение деталей во время сборки

ся охватываемую деталь 1 (деталь со втулкой) нагревать, а (или) охватывающую деталь 2 (вал) охлаждать. В результате изменения размеров деталей возникает временный гарантированный зазор Δ_t между сопрягаемыми поверхностями (рис. 7.21, б), что позволяет без особого усилия ввести одну деталь в другую.

Таблица 7.21. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.25

Вариант	Сечение с—с						Сечение а—а					
	d_1	d_2	d_3	D_1	D_2	D_3	d_1	d_2	d_3	D_1	D_2	D_3
	Измеренные значения, мм											
1	35,7	35,85	35,84	36,2	36,15	36,4	35,6	35,9	35,75	36,1	36,01	36,3
2	35,6	35,84	35,83	36,1	36,16	36,3	35,7	35,8	35,74	36,2	36,02	36,2
3	35,7	35,85	35,85	36,2	36,17	36,2	35,8	35,9	35,75	36,1	36,01	36,3
4	35,8	35,86	35,84	36,3	36,18	36,4	35,6	35,7	35,73	36,3	36,03	36,1
5	35,7	35,85	35,83	36,2	36,14	36,6	35,5	35,9	35,75	36,1	36,01	36,3
6	35,5	35,87	35,84	36,3	36,13	36,4	35,6	35,6	35,76	36,2	36,00	36,4
7	35,7	35,85	35,86	36,2	36,15	36,5	35,4	35,9	35,75	36,1	36,01	36,3
8	35,9	35,84	35,84	36,5	36,17	36,4	35,6	35,8	35,77	36,0	36,02	36,1
9	35,7	35,85	35,85	36,2	36,15	36,3	35,5	35,9	35,75	36,1	36,01	36,3
10	35,8	35,87	35,84	36,4	36,16	36,4	35,6	35,7	35,76	36,3	36,03	36,2

Температуру t_n нагревания охватываемой детали определяют из условия, что величина натяга Δ_n будет меньше произведения трех составляющих:

- коэффициента K_α линейного расширения материала детали;
- посадочного диаметра d_n ;
- температуры t_n нагрева детали, т. е.

$$\Delta_n < K_\alpha d_n t_n.$$

Если только нагревать охватываемую деталь, то с учетом временного технологического зазора Δ_t , необходимого для того, чтобы без особого усилия ввести одну деталь в другую и придать им требуемое взаимное положение, температура нагрева должна быть

$$t_n > (\Delta_n + \Delta_t) / (K_\alpha d_n).$$

Если же только охлаждать охватываемую деталь, то с учетом временного технологического зазора Δ_t , необходимого для того, чтобы без особого усилия ввести одну деталь в другую и придать им требуемое взаимное положение, температура охлаждения должна быть

$$t_{\text{охл}} < (\Delta_n + \Delta_t) / (K_\alpha d_n).$$

Значения минимального временного технологического зазора Δ_t , позволяющего легко ввести охватываемую деталь в отверстие, приведены в табл. П16.2, коэффициенты линейного расширения материалов приведены в табл. П16.3, типы хладоносителей и их возможности по охлаждению деталей приведены в табл. П10.7.

Задание 7.26

Определить температуру нагрева детали 1 (рис. 7.22) или температуру охлаждения детали 2, изготовленных из стали, чтобы можно было обеспечить сборку поперечно-прессового соединения. Детали изготовлены с допусками, обеспечивающими гарантированный натяг Δ_n в соединении. Исходная информация для расчетов приведена в табл. 7.22.

Пример выполнения задания (вариант № 0)

Необходимую температуру нагрева детали с отверстием $\varnothing D_0$ определим из расчета по формуле

$$t_n > (\Delta_n + \Delta_t) / (K_\alpha D_0).$$

Натяг в соединении $\Delta_n = 0,015$ мм (см. рис. 7.22).

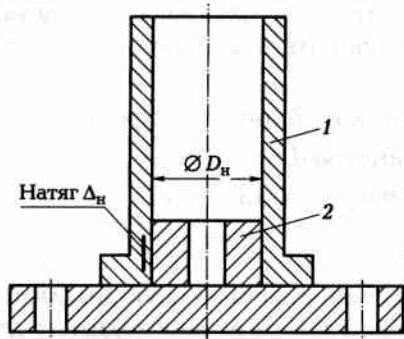


Рис. 7.22. Сборочный чертеж соединения деталей к заданию 7.26

Таблица 7.22. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.26

Вариант	Возможный натяг Δ_n в соединении, мм	Номинальный диаметр соединения D_n , мм	Время выполнения операции, мин	Материал детали	
				Деталь 1	Деталь 2
0	0,010...0,015	30	0,8	Сталь	Сталь
1	0,010...0,015	40	1,5	Сталь	Бронза
2	0,010...0,015	30	2	Латунь	Сталь
3	0,010...0,015	35	0,8	Сталь	Сталь
4	0,010...0,015	30	1,2	Сталь	Бронза
5	0,010...0,015	40	2,3	Латунь	Сталь
6	0,010...0,015	20	0,8	Сталь	Сталь
7	0,010...0,015	30	1,4	Сталь	Латунь
8	0,010...0,015	50	0,8	Бронза	Сталь
9	0,010...0,015	55	2,5	Сталь	Сталь
10	0,010...0,015	30	0,9	Бронза	Бронза

Временный технологический зазор (табл. П16.2)

$$\Delta_t = 0,0006D_o = 0,0006 \cdot 30 = 0,018 \text{ мм.}$$

Коэффициент линейного расширения стали (табл. П16.3)
 $K_\alpha = 11 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$.

Тогда $t_n > (0,015 + 0,018)/11 \cdot 10^{-6} \cdot 30 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Необходимую температуру охлаждения детали вала диаметром $\varnothing d_n$ определим по формуле

$$t_{\text{охл}} < (\Delta_n + \Delta_t)/(K_\alpha d_n) = (0,015 + 0,018)/(-8,5 \cdot 10^{-6}) \cdot 30 = -129 \text{ }^\circ\text{C}.$$

По табл. П10.7 находим, что для охлаждения детали можно использовать жидкий кислород, азот или жидкий воздух.

Задание 7.27

Определить (по одному из вариантов задания) температуру нагрева стальной детали 2 (рис. 7.23) или температуру охлаждения медной детали 1 при сборке поперечно-прессового соединения с наибольшим расчетным натягом Δ_n в соединении. Исходные данные для расчета приведены в табл. 7.23.

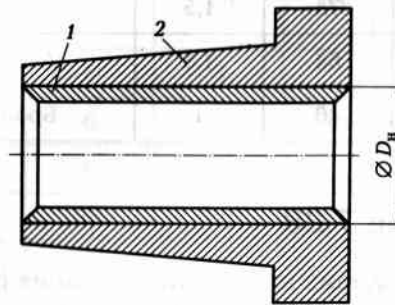


Рис. 7.23. Сборочный чертеж соединения деталей к заданию 7.27

Таблица 7.23. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.27

Вариант	Максимально возможный натяг Δ_n , мм	Номинальный диаметр соединения D_n , мм	Время выполнения операции, мин	Материал детали	
				Деталь 1	Деталь 2
1	0,010	80	0,5	Медь	Сталь
2	0,015	60	1	Медь	Сталь
3	0,020	70	1,5	Бронза	Чугун
4	0,010	59	2	Медь	Сталь

Вариант	Максимально возможный натяг Δ_n , мм	Номинальный диаметр D_n , мм	Время выполнения операции, мин	Материал детали	
				Деталь 1	Деталь 2
5	0,010	40	1	Алюминиевый сплав	Сталь
6	0,015	38	0,5	Медь	Сталь
7	0,010	66	1,5	Магниевый сплав	Сталь
8	0,020	75	1,5	Медь	Сталь
9	0,010	64	1,5	Латунь	Сталь
10	0,016	46	1	Бронза	Сталь

Задание 7.28

Определить по одному из вариантов задания (табл. 7.24), достаточно ли будет использовать указанный хладоноситель для охлаждения двух стальных штифтов 1 с номинальным диаметром d_n , фиксирующих взаимное положение деталей 2 и 3 (рис. 7.24) и входящих в отверстия после их развертывания с натягом Δ_n . Операция выполняется в течение времени t .

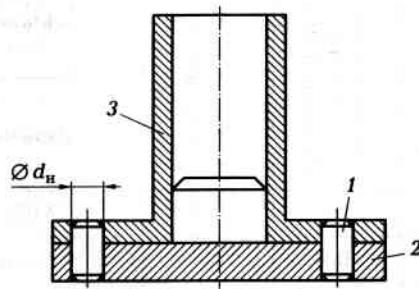


Рис. 7.24. Сборочный чертеж соединения деталей 2 и 3 с помощью двух запрессованных штифтов

Таблица 7.24. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.28

Вариант	Максимально возможный натяг Δ_n , мм	Номинальный диаметр d_n , мм	Время выполнения операции, мин	Материал детали	
				Деталь 2	Деталь 3
1	0,008	6	2	Медь	Сталь
2	0,005	6	3	Медь	Сталь
3	0,010	6	3,5	Бронза	Чугун
4	0,010	6	2	Медь	
5	0,010	6	2,8	Алюминиевый сплав	Сталь
6	0,015	6	2	Медь	Сталь
7	0,010	6	2,5	Магниевый сплав	Сталь
8	0,008	6	2,5	Медь	Сталь
9	0,010	6	2,5	Латунь	Сталь
10	0,005	6	3	Бронза	Сталь

Задание 7.29

Определить по одному из вариантов задания (табл. 7.25), с каким зазором войдут штифты 1 с номинальным диаметром d_n (см. рис. 7.24) в отверстия деталей 2 и 3 из одинакового металла, если перед установкой штифтов детали нагреть до температуры T , °С. Продолжительность операции по установке штифтов t .

Определение усилия запрессовки. При продольно-прессовом соединении охватываемая деталь под воздействием усилия $P_{зщ}$ запрессовки входит в охватывающую деталь с натягом, в результате возникают силы трения, обеспечивающие относительную неподвижность деталей.

При разработке технологических операций сборки соединений с гарантированным натягом назначают оборудование и оснастку в зависимости от требуемого усилия запрессовки, которое можно рассчитать по формуле

$$P_{\text{зап}} = f_{\text{зап}} \pi p D_n L,$$

где $f_{\text{зап}}$ — коэффициент трения пары материалов сопрягаемых деталей; p — давление на поверхности контакта; D_n — номинальный диаметр сопрягаемых поверхностей; L — длина запрессовки.

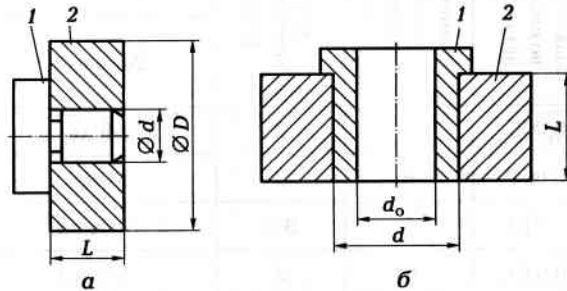


Рис. 7.25. Сборочный чертеж прессового соединения деталей 1 и 2:
а — увеличение наружного диаметра; б — уменьшение внутреннего диаметра

Таблица 7.25. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.29

Вариант	Максимально возможный натяг Δd , мм	Номинальный диаметр D_n , мм соединения	Время выполнения операции, мин	Материал детали	
				Деталь 1	Деталь 2
1	0,008	6	2	Медь	Сталь
2	0,005	6	3	Медь	Сталь
3	0,010	6	3,5	Бронза	Чугун
4	0,010	6	2	Медь	Чугун
5	0,010	6	2,8	Алюминиевый сплав	Сталь
6	0,015	6	2	Медь	Сталь
7	0,010	6	2,5	Магниевый сплав	Сталь
8	0,008	6	2,5	Медь	Сталь
9	0,010	6	2,5	Латунь	Сталь
10	0,005	6	3	Бронза	Сталь

Таблица 7.26. Значения коэффициента трения при запрессовке

Материал охватываемой детали	Материал охватывающей детали				
	Ст5	Чугун	Сплавы магниевые и алюминиевые	Бронза, латунь	Пластмасса
Значения коэффициента трения $f_{\text{зап}}$ при запрессовке					
Ст5	0,054...0,220	0,07... 0,13	0,02...0,06	0,05...0,1	0,54

Коэффициент трения $f_{\text{зап}}$ при запрессовке зависит от материала сопрягаемых деталей, шероховатости их сопрягаемых поверхностей, давления p и характера смазки. В табл. 7.26 приведены значения коэффициента трения при запрессовке для случая, когда в качестве смазки используется машинное масло. Коэффициент трения имеет широкие пределы, так как он зависит от многих, трудно поддающихся учету факторов.

При сборке прессовых соединений происходит увеличение (растяжение) диаметра охватывающей детали и уменьшение (сжатие) диаметра внутреннего отверстия охватываемой детали, что необходимо учитывать при посадке с натягом колец подшипников качения.

Возможное увеличение ΔD наружного диаметра охватывающей детали 2 (рис. 7.25, а) можно рассчитать по формуле

$$\Delta D = 2pd^2D \cdot 10^3 / (E(D^2 - d^2)),$$

где p — давление на поверхности контакта; d — наружный диаметр охватываемой детали 1; D — наружный диаметр охватывающей детали; E — модуль упругости охватывающей детали.

Возможное уменьшение Δd_0 диаметра d_0 внутреннего отверстия охватываемой детали 1 (рис. 7.25, б) можно рассчитать по формуле

$$\Delta d_0 = 2pd^2d_0 \cdot 10^3 / (E(d^2 - d_0^2)),$$

где p — давление на поверхности контакта; d — наружный диаметр охватываемой детали; d_0 — диаметр внутреннего отверстия охватываемой детали; E — модуль упругости охватываемой детали.

Задание 7.30

Определить усилие, необходимое для запрессовки детали 1 в отверстие детали 2 (рис. 7.26) с расчетным натягом Δ_n . Обе де-

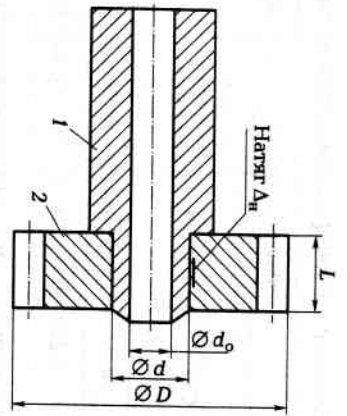


Рис. 7.26. Сборочный чертёж прессового соединения деталей к заданию 7.30

Таки изготовлены из стали. Параметры для расчёта приведены в табл. 7.27.

Задание 7.31

Определить усилие, необходимое для запрессовки детали 2 в отверстие детали 1 (рис. 7.27). Исходная информация для расчётов приведена в табл. 7.28.

Задание 7.32

По одному из вариантов задания (см. табл. 7.28) определить, насколько увеличится диаметр D бетонной дорожки кольца 1 шарикоподшипника, после его напрессовки на цапфу диаметром d стального вала 2 (рис. 7.28) с натягом Δ_n . Параметры соединения приведены в табл. 7.29.

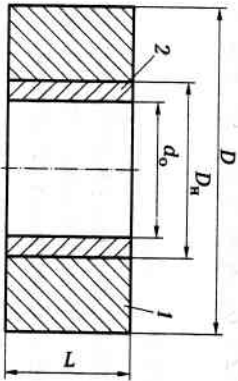


Рис. 7.27. Сборочный чертёж прессового соединения деталей к заданию 7.31

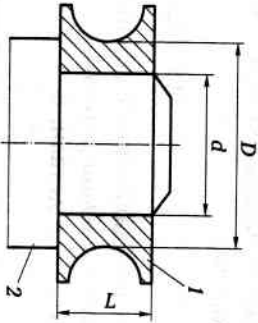


Рис. 7.28. Схема напрессовки внутреннего кольца 1 подшипника на цапфу вала 2

Таблица 7.27. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.30

Показатели соединения	Вариант										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Расчётный натяг в соединении Δ_n , мм	0,01	0,02	0,01	0,015	0,008	0,01	0,006	0,01	0,009	0,015	
Длина запрессовки L , мм	20	25	30	20	40	20	28	20	30	40	
Диаметр d сопрягаемых поверхностей, мм	30	40	35	30	20	30	38	30	36	20	
Материал сопрягаемых деталей	Деталь 1	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь
	Деталь 2	Сталь	Цветной сплав	Алюминиевый сплав	Бронза	Сталь	Латунь	Цветной сплав	Сталь	Сталь	Магний-сплав

Таблица 7.28. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.31

Показатели соединения	Вариант										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Расчётный натяг в соединении Δ_n , мм	0,005	0,01	0,008	0,015	0,01	0,015	0,01	0,008	0,016	0,012	
Длина запрессовки L , мм	20	30	40	25	20	30	35	20	40	20	
Диаметр d сопрягаемых поверхностей, мм	30	40	50	20	30	36	35	20	30	40	
Материал сопрягаемых деталей	Деталь 1	Сталь	Сталь	Чугун	Сталь	Сталь	Сталь	Чугун	Сталь	Сталь	Чугун
	Деталь 2	Сталь	Сталь	Чугун	Сталь	Сталь	Сталь	Чугун	Сталь	Сталь	Чугун

Показатели соединения		Вариант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Деталь 2	Сталь	Цветной сплав	Алюминиевый сплав	Бронза	Сталь	Латунь	Цветной сплав	Сталь	Сталь	Магний- вый сплав
Внутренний диаметр d_o , мм		24	32	42	16	26	30	28	16	22	32
Внешний диаметр D , мм		50	60	70	40	50	50	54	38	48	60

Таблица 7.29. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.32

Показатели соединения		Вариант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Расчетный натяг в соединении Δ_n , мм		0,01	0,01	0,008	0,015	0,01	0,015	0,01	0,008	0,016	0,012
Длина запрессовки L , мм		25	30	40	25	20	30	35	20	40	20
Диаметр d сопрягаемых поверхностей, мм		30	36	35	20	30	40	35	20	30	40
Материал сопрягаемых деталей	Деталь 1	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь
	Деталь 2	Сталь	Цветной сплав	Алюминиевый сплав	Бронза	Сталь	Латунь	Цветной сплав	Сталь	Сталь	Магний- вый сплав
Внешний диаметр D , мм		45	60	70	40	50	50	54	38	48	60

Задание 7.33

Определить, насколько уменьшится внутренний диаметр D_n бортовой дорожки наружного кольца 1 подлинника (рис. 7.29), запрессованного с натягом Δ_n в крышку 2, изготовленную из стали. Исходные данные для расчета приведены в табл. 7.30.

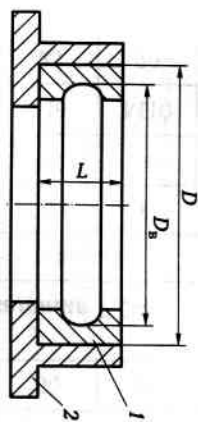


Рис. 7.29. Схема запрессовки наружного кольца 1 подлинника в корпус 2

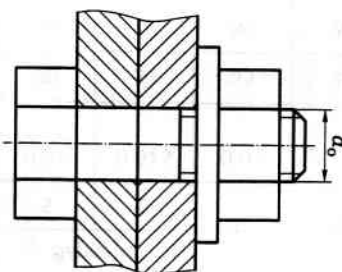


Рис. 7.30. Конструктивная схема резьбового соединения

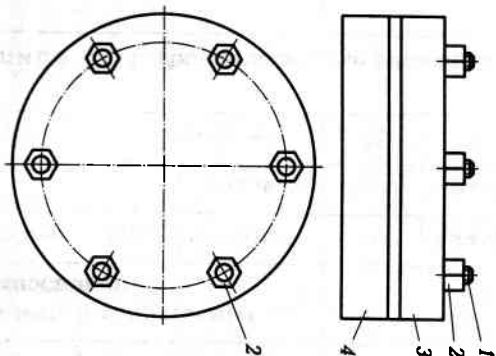


Рис. 7.31. Схема многоплашечного резьбового соединения

Таблица 7.30. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.33

Показатели соединения		Вариант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Расчетный натяг в соединении $\Delta_{нр}$, мм		0,01	0,01	0,008	0,015	0,01	0,015	0,01	0,008	0,016	0,012
Длина запрессовки L , мм		35	30	40	20	20	30	35	25	40	20
Диаметр D сопрягаемых поверхностей, мм		30	30	40	20	30	40	30	20	30	40
Материал сопрягаемых деталей	Деталь 1	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь
	Деталь 2	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь
Внутренний диаметр $D_{в}$, мм		45	60	70	40	50	50	54	38	48	60

Таблица 7.31. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.34

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Число K шпилек	6	8	4	6	8	4	8	6	6	4
Наружный диаметр резьбы	M8	M6	M10	M8	M6	M10	M8	M6	M10	M8
Суммарное усилие P_{Σ} прижатия крышки, кН	15	20	25	15	25	20	10	20	25	35

Определение усилия завинчивания резьбовых соединений. Все резьбовые детали в соединениях машин завинчивают с заданным усилием или крутящим моментом. При многоболтовом соединении необходимо обеспечить равномерную затяжку всех гаек. Усилие затяжки резьбовых деталей контролируют многими способами, но наибольшее применение нашел способ контроля по крутящему моменту.

Для резьбового соединения, представленного на рис. 7.30, существует зависимость между усилием P_z затяжки резьбового соединения и моментом $M_{кз}$ на гаечном ключе:

$$M_{кз} \approx 0,2P_z d,$$

где d — наружный диаметр резьбы.

Задание 7.34

При затяжке резьбового соединения (рис. 7.31), состоящего из K шпилек 1, требуется обеспечить заданное суммарное усилие P_{Σ} прижатия крышки 3 к корпусу 4. Для одного из вариантов задания необходимо определить величину крутящего момента, прикадаваемого к каждой завинчиваемой гайке 2. Исходные данные для расчета приведены в табл. 7.31.

7.5. БАЛАНСИРОВКА ДЕТАЛЕЙ И РОТОРОВ

Общие сведения о неуравновешенности. Одной из причин, вызывающих вибрацию машин, является неуравновешенность быстровращающихся роторов. Под неуравновешенностью ротора понимают такое распределение масс, при котором во время вращения собранного ротора возникают силы инерции, вызывающие переменные нагрузки на его опорах или изгиб самого ротора. При вращении диска массой m относительно оси O с угловой скоростью ω со смещенным центром масс (ц. м.) (рис. 7.32) на величину эксцентриситета e возникнет центробежная сила $P = m\omega^2 e$. В зависимости от расположения центробежных сил и их количества различают следующие виды неуравновешенности: статическая, моментная и динамическая.

Статическая неуравновешенность ротора (чаще — диск) массой m_p — это такое распределение его массы m_p , когда при вращении возникает лишь одна сила. Эта неуравновешенность полностью

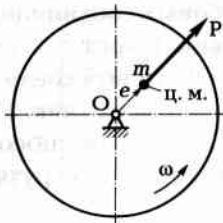


Рис. 7.32. Схема неуравновешенного диска

определяется главным вектором $D_{ст}$ дисбалансов или эксцентриситетом $e_{ст}$ масс ротора или диска, т. е.

$$D_{ст} = m_p e_{ст}$$

Статическая неуравновешенность является векторной величиной, т. е. она имеет величину и направление. Для некоторых роторов главный вектор дисбалансов $D_{ст}$ может быть эквивалентно заменен двумя векторами $D_{ст1}$ и $D_{ст2}$ (рис. 7.33), расположенными в плоскостях 1—1 и 2—2, перпендикулярных оси ротора:

$$D_{ст1} = D_{ст} L_2 / L,$$

$$D_{ст2} = D_{ст} L_1 / L.$$

Моментная неуравновешенность ротора (или вала) — это такое распределение его массы, когда при вращении возникает пара сил. Количественно эта неуравновешенность полностью определяется главным моментом дисбалансов или двумя равными по значению, антипараллельными силами, т. е. двумя противоположно направленными векторами дисбалансов.

Динамическая неуравновешенность ротора (или вала) — это такое распределение его массы, когда при вращении возникает одновременно и статическая, и моментная неуравновешенности, т. е. и главный вектор дисбалансов, и главный момент дисбалансов. Количественно эта неуравновешенность полностью определяется главным вектором дисбалансов и главным моментом дисбалансов или двумя векторами дисбалансов, в общем случае разных по значению и непараллельных, лежащих в двух плоскостях, перпендикулярных оси вращения ротора.

Задание 7.35

При изготовлении партии дисков ожидаемое смещение центра масс диска с оси, определяемой базовой (посадочной) поверхностью,

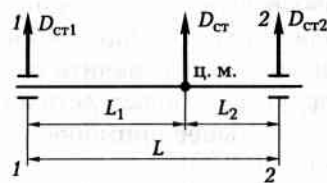


Рис. 7.33. Статическая неуравновешенность ротора

Таблица 7.32. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.35

Показатели диска		Вариант					
		0	1	2	3	4	5
m_A , кг	Номинальное значение	24	28	30	40	25	34
	Допуск Δm	+0,5	+0,6	+0,5	+0,3	+0,2	+0,25
$e_{ст}$ мкм	Номинальное значение	0,005	0,004	0,006	0,006	0,004	0,005
	Допуск Δe	+0,005	+0,004	+0,005	+0,003	+0,005	+0,006

Продолжение

Показатели диска		Вариант				
		6	7	8	9	10
m_A , кг	Номинальное значение	44	24	28	20	25
	Допуск Δm	+0,3	+0,4	+0,15	+0,1	+0,15
$e_{ст}$ мкм	Номинальное значение	0,006	0,003	0,005	0,004	0,006
	Допуск Δe	+0,005	+0,004	+0,005	+0,003	+0,004

равно $e_{ст}^{+ \Delta e}$. Масса диска равна $m_A \pm \Delta m_A$. По одному из вариантов задания (табл. 7.32) определить возможный разброс начального дисбаланса в дисках после их изготовления.

Пример выполнения задания (вариант № 0)

Начальный дисбаланс определим по формуле $D_{ст} = m_A e_{ст}$. Максимально возможный начальный дисбаланс

$$D_{ст \max} = m_{A \max} e_{ст \max} = (24 + 0,5)(0,005 + 0,005) = 24,5 \cdot 0,01 = 0,245 \text{ кг} \cdot \text{мм}.$$

Минимально возможный начальный дисбаланс

$$D_{ст \min} = m_{A \min} e_{ст \min} = 24,0 \cdot 0,005 = 0,120 \text{ кг} \cdot \text{мм}.$$

Возможный разброс начального дисбаланса

$$\Delta D_{ст} = D_{ст \max} - D_{ст \min} = 0,245 - 0,120 = 0,125 \text{ кг} \cdot \text{мм} = 125 \text{ г} \cdot \text{мм}.$$

Задание 7.36

При балансировке диска массой m_A остаточная статическая неуравновешенность составляет $D_{ст.ост}$. Требуется по одному из вариантов задания (табл. 7.33) определить, на каком расстоянии от оси диска, определяемой базовой поверхностью, находится центр масс диска, т. е. следует определить величину остаточного эксцентриситета масс диска.

Таблица 7.33. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.36

Показатели диска	Вариант										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m_A , кг	20	38	40	30	35	14	24	16	28	22	25
$D_{ст.ост}$, г·мм	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Задание 7.37

При балансировке ротора (рис. 7.34) определили величину модуля главного вектора дисбалансов $D_{ст}$. Требуется определить составляющие главного вектора дисбалансов $D_{ст1}$ и $D_{ст2}$, расположенные в плоскостях 1 и 2, с целью их дальнейшего уменьшения. Параметры ротора приведены в табл. 7.34.

Пример выполнения задания (вариант № 0)

Сделаем эквивалентную замену главного вектора дисбалансов $D_{ст}$ двумя векторами $D_{ст1}$ (плоскость 1—1) и $D_{ст2}$ (плоскость 2—2):

$$D_{ст1} = D_{ст} L_2 / L = 20 \cdot 25 / 40 = 12,5 \text{ г} \cdot \text{мм};$$

$$D_{ст2} = D_{ст} L_1 / L = 20 \cdot 15 / 40 = 7,5 \text{ г} \cdot \text{мм}.$$

Статическая балансировка в статическом режиме. Балансировкой называют процесс определения значений и углов дисбалансов ротора и уменьшение их корректировкой его масс. Различают статическую балансировку, моментную балансировку и динамическую балансировку.

При статической балансировке определяют и уменьшают главный вектор

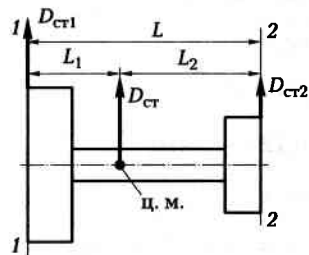


Рис. 7.34. Схема неуравновешенного ротора

Таблица 7.34. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.37

Показатели ротора	Вариант										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Длина ротора L , мм	40	38	40	30	35	14	24	16	28	22	25
$D_{ст}$, г·мм	20	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
L_1 , мм	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
L_2 , мм	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

дисбалансов ротора, характеризующий статическую неуравновешенность. Статическую балансировку проводят в одной плоскости коррекции, а корректирующие массы можно разносить в несколько параллельных плоскостей.

Главный вектор дисбалансов можно определять как в статическом режиме, используя силу тяжести балансируемого изделия (ротор принудительно не вращают), так и в динамическом режиме (на вращающемся роторе).

Статическую балансировку в статическом режиме производят на станках, оснащенных специальными опорами (ножи, линейки, призмы, ролики, и др.), на которые устанавливают балансируемое изделие (ротор или диск) посредством собственных или технологических цапф. Так как трение качения между цапфами ротора и опорами станка незначительно, то при смещении центра масс (ц. м.) с оси ротора на величину $e_{ст}$ (рис. 7.35, а) он будет перекатываться по действию момента M от собственной силы тяжести $G = m_p g$:

$$M = e_{ст} m_p g \cos \varphi.$$

Перекатывание ротора подобно маятнику прекратится, когда центр масс ротора займет нижнее положение (рис. 7.35, б). Маятниковое перекатывание ротора по опорам K , на которые он опирается своими цапфами N , является характерным признаком того, что ротор статически не уравновешен. Радиальное направление расположения центра масс ротора называют «тяжелым» местом, а противоположное — «легким» местом.

Для устранения статического дисбаланса необходимо произвести корректировку масс ротора. Это означает, что необходимо из «тяжелого» места удалить некоторую массу (корректирующую массу m_k) или аналогичную массу m_k добавить в «легкое» место на

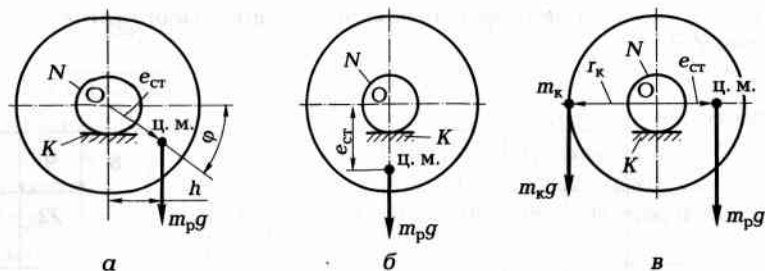


Рис. 7.35. Статическая балансировка: а — исходное состояние диска; б — состояние устойчивого равновесия диска; в — добавление корректирующей массы в «легкое» место диска

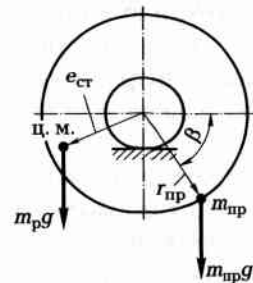
радиусе r_k от оси ротора O (рис. 7.35, в). Сбалансированный таким образом ротор будет иметь состояние безразличного равновесия, т. е. он не будет перекашиваться при любом угловом положении на опорах станка для статической балансировки. Это состояние характерно равенством моментов

$$e_{ст}m_p g = r_k m_k g.$$

Величину необходимой для балансировки ротора корректирующей массы m_k , добавляемой или снимаемой на известном радиусе r_k от оси, определяемой цапфами ротора, можно определить одним из следующих методов:

- экспериментально, подбором грузов до состояния безразличного равновесия;
- расчетом, используя один пробный груз известной массы;
- расчетом, используя круговой обход пробными грузами.

Метод определения величины корректирующей массы m_k , основанный на расчете с использованием одного пробного груза, базируется на эксперименте. Пробный груз известной массы $m_{пр}$ устанавливают на радиусе $r_{пр}$ под углом 90° относительно тяжелого



места на неуравновешенный ротор. В результате ротор повернется на некоторый угол β и остановится (рис. 7.36). Измерив угол β поворота ротора, требуемую корректирующую массу m_k определяют (при известном радиусе r_k ее установки) по формуле

$$m_k = m_{пр} r_{пр} \operatorname{ctg} \beta / r_k.$$

Рис. 7.36. Схема определения необходимой корректирующей массы

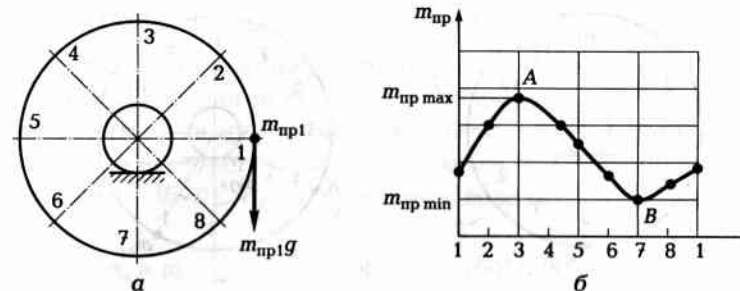


Рис. 7.37. Схема кругового обхода диска пробным грузом (а) и кривая угол—масса (б)

Метод кругового обхода пробным грузом используют для повышения точности статической балансировки после того, когда ротор уже сбалансирован до состояния безразличного равновесия, но точность балансировки недостаточная. Этот метод позволяет как бы добалансировать ротор. В этом случае по окружности ротора наносят мелом равномерно 6, 8 или 12 меток. Устанавливая поочередно метки в горизонтальное положение, прикрепляют к ротору на одинаковом радиусе пробные грузы такой массы $m_{пр}$ (рис. 7.37, а), которые будут или только трогать ротор с состояния покоя, или поворачивать его на одинаковый для всех меток угол, например на 45° . Тщательным взвешиванием определяют массу каждого груза и строят графическую зависимость в координатах угол—масса. На полученной наглядной кривой (рис. 7.37, б) находят «легкое» место (точка А), где пробная масса наибольшая $m_{пр \max}$, и «тяжелое» место (точка В), где пробная масса наименьшая $m_{пр \min}$. Требуемую корректирующую массу m_k , которая будет установлена на таком же радиусе, как и пробные грузы, и которая с высокой точностью сбалансирует ротор, определяют по формуле

$$m_k = 0,5(m_{пр \max} - m_{пр \min}).$$

Таким образом, установив корректирующую массу в легкое место или удалив с «тяжелого» места аналогичную массу, получим точно сбалансированный ротор.

Задание 7.38

Диск 1, с нанесенными на его поверхности угловыми метками с интервалом в 30° , на операции статической балансировки опирается на ножи 3 балансировочного станка своими цапфами 2. После непродолжительных маятниковых колебаний диск занял положе-

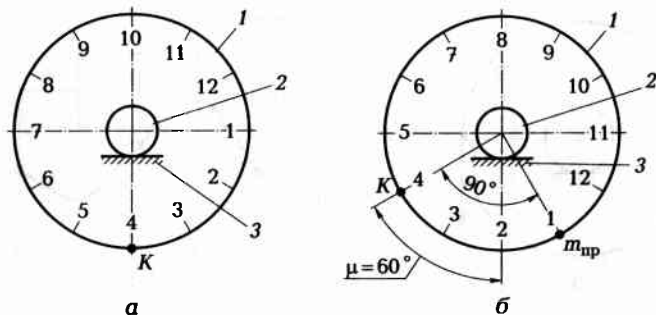


Рис. 7.38. Схема определения требуемой корректирующей массы

ние, показанное на рис. 7.38, а. «Тяжелое» место расположилось внизу (в направлении точки К). Требуется по одному из вариантов задания (табл. 7.35) определить величину корректирующей массы m_k , необходимую для устранения имеющегося в диске дисбаланса, если в результате эксперимента с пробной массой диск занял новое положение, повернулся на угол μ . Сущность эксперимента заключалась в том, что на диск на радиусе $r_{пр}$ (рис. 7.38, б) под углом 90° к «тяжелому» месту (метке К) была прикреплена пробная масса $m_{пр}$. Радиус r_k установки корректирующей массы известен.

Таблица 7.35. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.38

Показатели ротора	Вариант										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Метка К, соответствующая положению «тяжелого» места	4	5	6	8	9	11	12	4	6	8	10
Пробная масса $m_{пр}$, г	2	3	5	4,5	6	8	9	4	3	5	6
Радиус $r_{пр}$ установки пробной массы, мм	300	400	300	500	300	600	650	300	400	300	200
Радиус r_k установки корректирующей массы, мм	300	250	250	400	300	500	600	300	350	300	200
Угол μ поворота диска после установки на него пробной массы, ...°	60	45	30	45	60	45	60	45	60	45	60

Пример выполнения задания (вариант № 0)

Анализируя положение неуравновешенного диска (см. рис. 7.38, а), когда нижняя метка К = 4, и положение этого диска после прикрепления к нему пробной массы на метке 1 (под углом 90° к «тяжелому» месту) становится очевидным, что угол поворота диска $\mu = 60^\circ$ (рис. 7.38, б). Тогда, требуемая величина корректирующей массы

$$m_k = m_{пр} r_{пр} \operatorname{ctg} \beta / r_k = 2 \cdot 300 \operatorname{ctg} 60^\circ / 300 = 1,16 \text{ г.}$$

Следовательно, для того чтобы статически сбалансировать диск, необходимо груз массой 1,16 г установить в «легкое» место (метка 10) на расстоянии 300 мм от центра диска.

Задание 7.39

При статической балансировке диска, опирающегося своими цапфами на ножи станка для статической балансировки, после достижения состояния безразличного равновесия сделали обход диска пробными грузами, масса которых подбиралась по моменту трогания диска. Результаты (значения пробных масс, устанавливаемых в восьми точках по периметру диска) приведены в табл. 7.36. Требуется по одному из вариантов задания определить величину корректирующей массы и место ее установки для более точной статической балансировки диска.

Таблица 7.36. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.39

Место (точка на диске) прикрепления пробной массы	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Масса устанавливаемого пробного груза, г									
1	2,5	2	0,5	3,2	4	5,2	3	6,2	1,5	6,2
2	4	3	1,6	4,3	3	4	2,6	5	2	6
3	3	4,5	2	5	2,5	3	2,1	4	3	5,2
4	0,5	5,4	3,3	6,2	2,3	2,6	2	3	4,5	4
5	1	3,2	4	4,4	3,4	2,8	2,5	2,5	3,5	3
6	2	3	3	4	4	3	3,9	1,6	3	2,2
7	3	3	2,5	3	4,8	4,5	4	1	2,2	2
8	4,5	1,5	1,8	1,5	5	4,9	4,2	3	2	1,8

Задание 7.40

При статической балансировке диск, опирающийся своими цапфами на роликовые опоры, остановился в положении устойчивого равновесия («тяжелое» место внизу, метка M). После установки пробного груза массой $m_{пр}$ на расстоянии $r_{пр}$ от оси вращения в точке, расположенной под углом 90° к «тяжелому» месту, диск повернулся на угол β . Требуется по одному из вариантов задания определить корректирующую массу m_k , которая уравновесит диск, если ее установить в «легкое» место диска на заданном расстоянии r_k от оси вращения. Диск имеет 12 равномерно распределенных по окружности меток. Исходные параметры для расчета приведены в табл. 7.37.

Статическая балансировка в динамическом режиме. При статической балансировке в динамическом режиме ротор (или диск) закрепляют на балансировочном станке, используя собственные цапфы ротора или технологические цапфы, как например при балансировке колеса автомобиля. Балансируемое изделие приводят во вращение с частотой, определяемой возможностями балансировочного станка. Балансировку производят на заранее настроенном станке, у которого известна цена деления индикатора значения дисбаланса.

Таблица 7.37. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.40

Показатели	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Метка K , соответствующая положению «тяжелого» места	11	12	4	6	8	11	12	4	6	8
Пробная масса $m_{пр}$, г	2	3	5	4,5	6	8	9	4	3	5
Радиус $r_{пр}$ установки пробной массы, мм	500	300	600	500	300	600	650	300	400	300
Радиус r_k установки корректирующей массы, мм	500	300	600	400	300	500	600	300	350	300
Угол β поворота диска после установки на него пробной массы, ...°	15	60	30	45	15	45	30	45	15	45

Величину начального дисбаланса $D_{ст.нач}$ ротора определяют по показаниям $A_{ст}$ индикатора значения дисбаланса с учетом цены деления $K_{ст}$ этого индикатора, которую определяют при настройке станка, т. е.

$$D_{ст.нач} = A_{ст} K_{ст}$$

Необходимую корректирующую массу m_k при известном радиусе r_k ее постановки определяют по формуле

$$m_k = D_{ст.нач} / r_k$$

Для определения цены деления индикатора значения дисбаланса необходимо сделать два пуска балансировочного станка. При первом пуске определяют положение «тяжелого» места ротора и показания δ_1 индикатора. Затем в «тяжелое» место ротора вносят известный пробный статический дисбаланс $D_{ст.пр}$, т. е. известную пробную массу $m_{пр}$ прикрепляют на известном радиусе $r_{пр}$ ротора. Цену деления определяют по формуле

$$K_{ст} = m_{пр} r_{пр} / (\delta_2 - \delta_1)$$

Задание 7.41

Определить по одному из вариантов задания (табл. 7.38) цену деления индикатора значения дисбаланса, если до постановки пробной массы на ротор индикатор показывал δ_1 , а после постановки в «тяжелое» место ротора пробной массы $m_{пр}$ на радиусе $r_{пр}$ индикатор показал δ_2 .

Таблица 7.38. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.41

Показатели	Вариант										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Показания δ индикатора, мкА	δ_1	6	10	12	8	9	10	12	10	8	9
	δ_2	90	60	40	30	50	20	25	35	40	60
Пробная масса $m_{пр}$, г	4	5	7	4	8	4	3	10	9	6	
Радиус $r_{пр}$ установки пробной массы, мм	350	300	450	550	350	300	350	550	250	350	

Задание 7.42

При статической балансировке диска в динамическом режиме индикатор значения дисбаланса показал δ . Цена деления индикатора $K_{ст}$, г·мм/мкА. Требуется по одному из вариантов задания (табл. 7.39) определить, какую корректирующую массу необходимо установить на радиусе r_k , чтобы устранить имеющийся дисбаланс диска.

Таблица 7.39. Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.42

Показатели	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Показания δ индикатора, мкА	23	20	25	30	43	67	43	56	37	33
Цена деления $K_{ст}$ индикатора, г·мм/мкА	1,5	2	2,5	1	1,7	1,3	2	1,1	1,6	1,3
Радиус коррекции r_k , мм	300	220	400	320	280	400	440	280	540	600

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое сборочная единица?
2. Какие требования предъявляют к базовой детали?
3. Какую информацию помещают на схему сборки изделия?
4. Перечислите основные методы обеспечения точности сборки.
5. Какие задачи решают с помощью сборочных размерных цепей?
6. В чем заключается сущность метода полной взаимозаменяемости?
7. В чем заключается сущность метода селективной сборки?
8. Какие факторы влияют на точность проверки соосности гладким калибром?
9. Какие методы используют для проверки зазоров?
10. Дайте характеристику процесса сборки пресовых соединений.
11. Почему необходимо контролировать усилие завинчивания резьбовых деталей?
12. Что такое неуравновешенность ротора и к чему она приводит?
13. Почему необходимо проводить балансировку роторов?
14. Назовите основные этапы статической балансировки дисков.
15. Что значит статическая балансировка в динамическом режиме?

КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

8.1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Назначение курсового проекта. Курсовой проект по специальности 151901 «Технология машиностроения» является самостоятельной студенческой работой, которая выполняется на основе ранее изученных междисциплинарных курсов согласно учебному плану:

1. Технология машиностроения.
2. Метрология, стандартизация и сертификация.
3. Гидравлические и пневматические системы.
4. Технологическая оснастка.
5. Процессы формообразования и инструменты.
6. Технологическое оборудование.
7. Оборудование машиностроительного производства.
8. Машиностроительное производство.
9. Экономика отрасли.
10. Программирование для автоматизированного оборудования.
11. Инженерная графика и машиностроительное черчение.

Целью курсового проектирования является подтверждение студентом глубины знаний, приобретенных за время обучения, и компетенций, необходимых для будущей самостоятельной работы техника-технолога машиностроительного производства.

Работая над курсовым проектом, студент подтверждает свои знания и умения при выполнении в соответствии с требованиями нормативных документов (ЕСКД, ЕСТД и др.) следующих составных частей курсового проекта:

- оформление чертежа объекта производства, выданного для курсового проектирования (рабочий чертеж детали или сборочный чертеж);
- оформление рабочего чертежа заготовки для детали — объекта производства;

- разработка технологического процесса изготовления детали или сборки изделия;
- проектирование специального станочного приспособления для детали;
- проектирование специального режущего инструмента;
- проектирование контрольно-измерительного приспособления (или разработка схемы измерительного комплекса);
- оформление 2—3 операционных эскизов на механическую обработку;
- разработка 2—3 операций механической обработки;
- оформление графической части и пояснительной записки для публичной защиты проекта.

Тематика курсового проектирования. Тема для курсового проектирования должна быть сформулирована таким образом, чтобы можно было представить основное направление работы студента над проектом, а может быть даже и содержание всего проекта.

Тематику проекта желательно увязать с конкретными задачами, стоящими перед отечественным машиностроением, чтобы предусмотреть возможность улучшения действующего технологического процесса, внедрения нового, более прогрессивного оборудования и режущего инструмента, улучшения организации производства. Все это должно быть направлено на снижение себестоимости изготовления изделия.

Некоторые темы для курсового проектирования:

- улучшить экономические показатели действующего технологического процесса изготовления вала насоса. Годовой объем выпуска изделия 80 000 шт.;
- усовершенствовать известный технологический процесс сборки редуктора. Годовой объем выпуска изделия 40 000 шт.;
- разработать технологический процесс изготовления топливного бака с применением холодной штамповки глубокой вытяжки. Годовой объем выпуска изделия 20 000 шт.;
- разработать технологический процесс сборки корпуса редуктора с использованием современных методов сварки. Годовой объем выпуска изделия 3 000 шт.;
- разработать технологический процесс сборки герметичного корпуса теплообменника с применением пайки. Годовой объем выпуска изделия 4 000 шт.

Курсовые проекты могут выполняться студентами по заказам предприятия, в том числе с использованием собранных материалов

во время прохождения практики по специальности. Однако независимо от формулировки темы проекта главным остается разработка технологического процесса изготовления указанного объекта производства, проектирование технологической оснастки, режущего инструмента и контрольно-измерительного приспособления.

Так как большинство процессов изготовления изделий представляют собой комплекс разнообразных технологических процессов, то различия в конкретных технологических процессах по теме проектирования будут лишь в том, какой вид процессов преобладает в том или ином случае. В одном случае может преобладать механическая обработка, в другом случае — сборка, в третьем случае — сварка и т. д.

В машиностроении механическая обработка деталей занимает главенствующее место. Однако для производства значительного числа изделий используются сварки или пайка, холодная штамповка, центробежное или точное литье. Кроме того, в курсовом проектировании ставятся задачи механизации и автоматизации производственных процессов и поиск прогрессивных технологических решений, которые снизят себестоимость изготовления детали.

В качестве исходных данных для проектирования технологического процесса студенту выдают рабочий чертеж детали, для изготовления которой требуется получение заготовки и несколько различных методов обработки поверхностей. Таким образом, получается, что технологический процесс может состоять из большого числа операций.

Задание на курсовой проект. Задание на курсовой проект оформляется на специальном бланке (Приложение 2) и выдается студенту в первый день (согласно учебному плану) курсового проектирования. На бланке задания содержится вся основная информация по содержанию и объему проекта. Неотъемлемой частью задания является рабочий чертеж детали или сборочный чертеж изделия с конкретной годовой программой выпуска.

На первой консультации преподаватель уточняет все подробности задания, чтобы содержание и объем проекта были понятны студенту. Возможна незначительная корректировка задания по обоюдному согласию преподавателя-консультанта и студента.

Содержание и объем курсового проекта. В процессе работы над курсовым проектом студенту предоставляется возможность проявить инициативу, однако предпочтение отдается удовлетворению нужд предприятия, что требует от студента конкретных технологических решений.

Курсовой проект должен состоять из пояснительной записки, в которую входит оформленная технологическая документация, и графической части. Обе части взаимно дополняют друг друга и обеспечивают решение следующих задач:

- рациональный выбор исходной заготовки для детали;
- разработку более прогрессивного технологического процесса;
- разработку оригинальных конструкций специального станочного приспособления для детали, специального режущего инструмента и контрольно-измерительного приспособления;
- использование современного оборудования.

В среднем объем графической части проекта должен составлять 2 листа формата А1, а пояснительной записки 20—30 страниц. Текст может быть напечатан на белой бумаге формата А4 через 1,5 интервала шрифтом № 14 с левым полем 2 см, а остальными полями по 1,5 см.

Общий объем работы над проектом, соотношение объемов графического материала и пояснительной записки не должны зависеть от темы курсового проектирования.

Графическая часть курсового проекта должна содержать:

- рабочий чертеж объекта производства (деталь или сборочный чертеж изделия);
- рабочий чертеж заготовки;
- рабочий чертеж специального режущего инструмента или расчетная схема на прочность стандартного режущего инструмента;
- чертежи общего вида специальной технологической оснастки (станочного приспособления для детали или сборочного приспособления, штампа, сварочного стапеля, загрузочного или транспортирующего устройства) в зависимости от темы проекта;
- сборочный чертеж контрольно-измерительного приспособления (или схему измерения с использованием специального измерительного средства);
- эскизы к технологическому процессу изготовления данного объекта (наладки 2—3 операций);
- схемы и графики по всем разделам проекта (при их наличии).

В графической части курсового проекта с уклоном механической обработки требуется представить:

- рабочий чертеж детали;
- рабочий чертеж заготовки;

- одно специальное станочное приспособление для детали;
- одно специальное контрольно-измерительное средство или схему измерения с использованием специальных измерительных приборов;
- один специальный режущий инструмент или схема расчета стандартного режущего инструмента на прочность;
- наладки двух-трех операций с разными методами обработки по согласованию с консультантом;
- схемы и графики (при наличии).

В курсовых проектах на другие темы требуется эквивалентный объем графических работ.

Схемы и графики, не вошедшие в графическую часть проекта, помещают в пояснительную записку. Примерное распределение трудоемкости всего проекта по составным частям может выглядеть следующим образом (табл. 8.1).

Таблица 8.1. Примерный объем частей курсового проекта

Наименование составных частей проекта	Объем составной части, %
Ознакомление с полученным заданием	2
Анализ рабочего чертежа детали, разработка заготовки	8
Технологическая часть	30
Конструкторская часть	44
Производственные расчеты	14
Заключение, список литературы, оглавление	2

Примечания: 1. Предлагаемый в задании на проектирование объект производства не должен быть очень простым, но и не должен быть очень сложным. Сложность объекта производства должна определяться временем, отводимым на курсовое проектирование.

2. В тех случаях, когда нет возможности выдать задание на проектирование контрольно-измерительного приспособления, можно (в виде исключения) выдать задание на разработку конструкции второго специального станочного приспособления для детали.

Пояснительная записка курсового проекта

Первой страницей пояснительной записки курсового проекта является титульный лист (Приложение 1), а на второй и третьей страницах содержится задание на курсовой проект (Приложение 2).

Кроме указанного пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

1) введение, в котором обосновывается актуальность выбранной темы проекта и указывается ее взаимосвязь с современным производством;

2) анализ рабочего чертежа детали или сборочного чертежа изделия, где дается подробный технологический анализ объекта проектирования и его описание, анализ точности поверхностей и качества поверхностного слоя детали, а также вид термической обработки;

3) технологическую часть, содержащую:

- описание существующего на предприятии технологического процесса и предлагаемого процесса с анализом различий и нововведений;
- обоснование выбора технологического оборудования;
- выбор режимов резания и техническое нормирование;
- определение и выбор типа производства;
- технико-экономическое обоснование выбора заготовки, краткое описание метода ее получения;
- расчет основных размеров заготовки;
- выбор статистическим (табличным) методом промежуточных (операционных) припусков и расчет операционных размеров с допусками на 2—3 разнотипные операции;
- назначение режимов резания (по справочным материалам);
- техническое нормирование и разработку 2—3 разнотипных операций;

4) конструкторскую часть, содержащую:

- обоснование выбора и расчет на точность одного специального станочного приспособления;
- обоснование выбора одного специального режущего инструмента (или расчет на прочность стандартного режущего инструмента при наихудших условиях его работы);
- описание и анализ точности измерений специальным контрольно-измерительным инструментом или контрольным приспособлением;

5) производственные расчеты, с помощью которых определяют тип производства, потребное количество оборудования и коэффициент его загрузки;

6) заключительную часть проекта, в которой приводится перечень показателей, определяющих преимущества предложенного технологического проекта по сравнению с действующим на предприятии технологическим процессом;

7) список используемой литературы и оглавление.

8.2. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект должен выполняться на основе последних достижений техники и технологии при высоком уровне механизации и автоматизации технологических процессов.

Требования к оформлению содержательной части пояснительной записки. При оформлении пояснительной записки следует выполнять требования таких стандартов ЕСКД, как «Общие требования к текстовым документам» и «Текстовые документы», а также других ГОСТов, ОСТов и нормалей предприятия. Все содержание пояснительной записки следует разделить на разделы, подразделы, пункты и подпункты.

Каждая составная часть должна иметь порядковый номер, который проставляется арабскими цифрами. Этот номер должен включать в себя все номера соответствующих составных частей записки более высоких ступеней деления. Например, номер подраздела состоит из номера раздела и номера подраздела, разделенные точкой. Наименование разделов и подразделов должны быть краткими, соответствовать содержанию данной составной части записки и выделены или другим шрифтом или цветом, например:

2. Технологическая часть проекта

2.1. Анализ рабочего чертежа детали

2.2. Обоснование метода получения заготовки

2.3. Расчет размеров заготовки

В заголовках не допускается перенос и сокращение слов. Точку в конце заголовка не ставят. Расстояние между последней строкой текста и последующим заголовком должно быть примерно 2 пробела.

Формулы нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы внутри раздела. Эти цифры разделяют точкой. Номер формулы указывают в круглых скобках справа на одной строке с формулой.

Под формулой приводят расшифровку значения каждого символа с новой строки в такой последовательности, как они приведены в формуле, начиная со слова «где», например:

$$S = vt, \quad (2.1)$$

где S — расстояние, м; v — скорость, м/с; t — время, с.

При ссылке на порядковый номер формулы его пишут в круглых скобках, например: «На основании формулы (2.1) имеем...».

Все расчеты и вычисления делают с соблюдением принятой в Российской Федерации Международной системы единиц физических величин (СИ), часть из которой приведена в Приложении 3.

Иллюстрации, помещенные в записке, нумеруют аналогично формулам, но без скобок, например: «Рис. 2.4. Схема...». Ссылки на ранее упомянутые рисунки дают с сокращением слова «смотри», например: «Измерительный наконечник 1 индикатора 2 (см. рис. 2.4) упирается в...». Номера указанных на рисунках позиций в тексте пишут курсивом.

Цифровую информацию желательно давать в виде таблиц. Если таблица переносится на другую страницу, то после слова «Продолжение табл. 3.2» повторяют головку (шапку) таблицы и заполняют таблицу содержанием. В этом случае название таблицы дается один раз над первой ее частью.

Графа «№ п/п» в таблицу не включается. Повторяющийся в графах текст допускается заменять кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр и математических символов не допускается. Если в ячейке таблицы цифровые или иные данные не приводятся, то ставят прочерк.

При использовании справочных или других данных из литературных источников дают ссылку на данный источник, помещая в квадратных скобках порядковый номер источника, указанного в перечне используемой литературы. Этот перечень литературы приводят в конце пояснительной записки перед оглавлением, например: «Как следует из табл. 5.2 [4], скорость резания ...».

На обложке пояснительной записки должна быть наклеена этикетка размером примерно 100×75 мм с указанием фамилии и инициалов дипломника, номера учебной группы или шифра специальности и года выполнения проекта.

При выполнении курсового проекта по заданию предприятия печатают пояснительную записку в трех экземплярах. Один экземпляр направляют на предприятие, второй экземпляр хранится в архиве техникума, а третий экземпляр остается у студента.

Требования к выполнению графической части курсового проекта. В графическую часть курсового проекта входят:

- рабочий чертеж детали или сборочный чертеж изделия, для которых разрабатывается технологический процесс;
- рабочий чертеж исходной заготовки для детали;
- сборочный чертеж специального станочного приспособления для детали;
- сборочный чертеж специального контрольного приспособления или схема измерения параметров детали с использованием измерительной системы;
- рабочий чертеж специального режущего инструмента или расчетная схема проверки на прочность стандартного режущего инструмента при наихудших условиях его работы;
- карты (чертежи) наладки 2—3 разнотипных операций;
- схемы и графики для устного доклада на защите проекта.

Графическая часть курсового проекта должна быть выполнена в полном соответствии с действующими стандартами ЕСКД. Графический материал следует оформлять на целых листах формата А1 (594×841 мм). Несмотря на то, что на одном листе этого формата будет расположено несколько составляющих проекта, каждая на своем, более мелком формате и со своим штампом, низ у всех этих чертежей должен быть один, т. е. на каждом формате штамп должен стоять по горизонтали.

Форматы чертежей следует выбирать таким образом, чтобы все чертежи выполнялись в масштабе 1:1 и обязательно с соблюдением требований ЕСКД к толщине линий чертежа, оформлению видов, разрезов и сечений (Приложение 4). Допускаются незначительные отступления от требований ЕСКД при оформлении наладок операций, например, в части соблюдения масштаба рисунка, но с обязательным соблюдением пропорций изображаемых деталей.

Предельные отклонения размеров указывают непосредственно после номинального размера в буквенном или цифровом обозначении. Отклонения линейных и угловых размеров грубее 11-го качества допускается указывать в технических требованиях общей записью, например: «Неуказанные предельные отклонения размеров выполнять для отверстий по Н14, для валов — по f14, остальные — по $\pm IT 14/2$ ».

Однако более эффективным и удобным для дальнейшей работы над курсовым проектом является комбинированный способ нане-

сения предельных отклонений, когда после номинального размера ставят буквенное обозначение поля допуска с номером качества, а рядом в скобках записывают цифровое значение верхнего и нижнего отклонений, найденное по таблице ЕСДП (Приложение 5), например: 45H10 ($45^{+0,10}$).

Для условных обозначений отклонений формы поверхностей от правильной геометрической формы применяют знаки (в соответствии со стандартом), указанные в табл. П4.6.

Для условных обозначений отклонений взаимного расположения поверхностей применяют знаки (в соответствии со стандартом), указанные в табл. П4.7.

Данные о предельных отклонениях формы и расположения поверхностей указывают в прямоугольной рамке, разделенной на две или три части (см. табл. П4.7), в которых помещают:

- в первой ячейке — знак отклонения;
- во второй ячейке — предельное значение в миллиметрах;
- в третьей ячейке — буквенное обозначение базовой или другой поверхности, по отношению к которой должно быть выдержано указанное отклонение расположения. Если таких баз несколько, то вписывают все их обозначения.

Рамку с данными о предельных отклонениях формы соединяют с контурной линией поверхности или ее продолжению прямой или ломаной линией, заканчивающейся стрелкой. Когда предельное отклонение поверхности определяется относительно базы, то рамку соединяют также и с базой прямой или ломаной линией, заканчивающейся зачерненным равнобедренным треугольником, основание которого располагают или на оси, или на контурной линии поверхности, или на ее продолжении. Величина предельного отклонения, указанная в рамке, относится ко всей поверхности или к длине, указанной в рамке, через наклонную черту рядом со значением отклонения.

На всех операционных эскизах обрабатываемые в данной операции поверхности следует выделить (утолщенными линиями или другим цветом).

При оформлении рабочих чертежей детали и заготовки необходимо указывать шероховатость всех поверхностей, а при оформлении операционных эскизов необходимо указывать шероховатость только обрабатываемых в данной операции поверхностей. Для этих целей предусмотрено три знака:

$\sqrt{\quad}$ — этим знаком обозначают шероховатость поверхности, вид обработки которой разработчиком не установлен;

$\sqrt{\quad}$ — этим знаком обозначают шероховатость поверхности, которая (по утверждению разработчика) должна быть образована удалением слоя материала в процессе обработки, например, или точением, или фрезерованием, или сверлением, или травлением, или другим способом;

$\sqrt{\quad}$ — этим знаком обозначают шероховатость поверхности, которая обрабатывается без снятия слоя материала, например литьем, штамповкой, прокатом, или поверхностей, не обрабатываемых по данному чертежу.

Вышеприведенные знаки должны оформляться с полочкой, подобно знаку радикала. Сверху полочки указывают при необходимости метод обработки для получения требуемой шероховатости, например: «Полировать», а снизу, т. е. под знаком радикала, помещают необходимые параметры шероховатости, например $Ra\ 2,5$. Таким образом, окончательный вариант обозначения шероховатости какой-либо поверхности может быть следующим:

$\sqrt{\text{Полировать}} / Ra\ 0,25$ — это значит, что параметр Ra шероховатости данной поверхности не должен превышать 0,25 мкм, а метод получения этой шероховатости должен быть полирование.

Условные обозначения других параметров шероховатости приводятся в учебнике по метрологии [2]. При правильном обозначении шероховатости условный знак может быть расположен в следующих местах:

- на линии контура поверхности;
- на выносных линиях ближе к размерной линии;
- на полках выносок;
- на продолжениях выносных линий (при недостатке места).

Если все поверхности детали имеют одинаковую шероховатость, то используют только один знак шероховатости, который располагают в правом верхнем углу чертежа.

Если же поверхности детали имеют разную шероховатость, то многократно повторяющийся знак с одинаковой шероховатостью выносят в правый верхний угол чертежа.

Обозначение шероховатости повторяющихся элементов детали (отверстия, пазы, зубья), число которых указано на чертеже, наносят один раз.

На рабочих чертежах деталей, подвергаемых термической и другим видам обработки, в технических требованиях указывают показатели свойств материала, полученных в результате обработки, предельными значениями, например: «Твердость 40...45 HRC».

Поверхности деталей, подвергающиеся химико-термической обработке или гальванической обработке, отмечают штрихпунктирной утолщенной линией.

При выполнении курсового проекта с уклоном механической обработки учащиеся в соответствии с заданием разрабатывают сборочные чертежи специального станочного приспособления для детали и контрольно-измерительного приспособления. Оформление этих чертежей должно соответствовать требованиям соответствующих стандартов.

Как правило, сборочный чертеж содержит общий вид изделия, количество других видов, разрезов и сечений должно быть таким, чтобы имелось полное представление о конструкции собираемого изделия. Для обозначения номеров позиций деталей полки не используют, а цифры по мере возрастания ставят у окончания выносной линии по часовой стрелке или против часовой стрелки. Сборочные параметры и их точность проставляются на основные соединения, влияющие на точность работы готового изделия. Спецификация может быть оформлена на том же листе, где расположен сборочный чертеж, а при отсутствии места ее можно оформить на отдельных листах формата А4 со своим штампом.

На сборочных чертежах специального станочного приспособления или контрольно-измерительного приспособления деталь или заготовку изображают штрихпунктирной линией с двумя точками. Такими же линиями изображают все элементы универсального оборудования и измерительные приборы (центр станка, шпиндель станка, индикаторный прибор), примыкающие к разработанным студентом конструкциям.

Количество проекций, видов и сечений изображаемого на чертеже изделия определяет учащийся по согласованию с консультантом. Эскизы наладок разделяют одинарными линиями с одним штампом внизу на все наладки. Остальные самостоятельные чертежи изображают каждый в своей рамке и со своим штампом внизу и спецификацией как обязательной составляющей сборочного чертежа.

Основные надписи в штампах должны быть конкретными и лаконичными, например, «Вал редуктора», «Заготовка вала редуктора — штамповка», «Приспособление для операции фрезерования паза 10,5Н12».

Примечания: 1. Студенты, владеющие компьютерной графикой, могут ею воспользоваться в объеме, согласованном с консультантом. При этом эскизы наладок могут быть распечатаны на формате А3 с последующим аккуратным склеиванием с обратной стороны листа.

2. При выполнении чертежей вручную студент должен предъявлять графические материалы консультанту для согласования, как минимум, в два этапа. На первом чертеж предъявляется в тонких линиях, а на последнем — в окончательном исполнении согласно требованиям ЕСКД.

3. Чертеж, предъявленный сразу в окончательном исполнении, консультантом, как правило, не рассматривается.

8.3. ОБЩАЯ МЕТОДИКА РАБОТЫ НАД ПРОЕКТОМ

Работу над курсовым проектом начинают, как правило, с изучения рабочего чертежа детали и технических требований на изготовление заданного объекта производства. Далее эту информацию изучают более основательно и осмысливают до такой степени, чтобы сложилось общее представление о будущем технологическом процессе изготовления объекта производства.

На первой консультации по технологической части студент обсуждает с преподавателем свои предложения о путях решения основных задач, поставленных в рамках задания, и принимается решение о составных частях проекта.

После изучения рабочего чертежа детали (или сборочного чертежа изделия), выданного в качестве объекта проектирования, представляют примерную форму заготовки для получения наилучшего коэффициента использования материала (КИМ), выбирают первичную базу, составляют план технологического процесса и операционные эскизы механической обработки (или сборки). Затем по согласованию с консультантом разрабатывают две-три разнотипные операции. После определения способа установки заготовки на этих операциях, выбора оборудования и режущего инструмента, используемого на данных операциях, приступают к разработке наладок операций, станочного приспособления, режущего и измерительного инструмента.

Все записи, схемы и расчеты, проводимые студентом на стадиях проектирования, записывают в рабочую тетрадь, а после правки и редактирования включают в пояснительную записку. Окончательное оформление всех этапов проекта проводится после согласования их содержания с консультантом проекта.

Графическую часть проекта оформляют на листах формата А1. Несмотря на то что на одном листе будет расположено несколько составляющих проекта, каждая на своем, более мелком формате и со своим штампом, низ у всех этих чертежей должен быть один,

т. е. на каждом формате штамп должен стоять по горизонтали. Допускается оформление наладок операций с некоторым отступлением от требований ЕСКД и масштаба 1 : 1, но с соблюдением пропорций изображаемых деталей.

На всех операционных эскизах обрабатываемые в данной операции поверхности выделяют (утолщенными линиями или другим цветом).

На сборочных чертежах специального станочного приспособления или контрольно-измерительного приспособления деталь или заготовку изображают штрихпунктирной с двумя точками линией. Такими же линиями изображают все элементы универсального оборудования и измерительные приборы (центр станка, шпиндель станка, индикаторный прибор), примыкающие к разработанным студентом-дипломником конструкциям.

Количество проекций видов и сечений изображаемого на чертеже изделия должно быть таким, чтобы иметь полную информацию о данной конструкции. Эскизы наладок разделяют одинарными линиями с одним штампом внизу на все наладки. Остальные самостоятельные чертежи изображают каждый в своей рамке и со своим штампом внизу и спецификацией как обязательной составляющей сборочного чертежа.

Надписи в штампах должны быть конкретными и лаконичными, например, «Вал редуктора», «Заготовка вала редуктора — штамповка», «Приспособление для операции фрезерования паза 10,5Н12».

Пояснительную записку оформляют в виде тетради формата А4, написанной чернилами разборчивым почерком, или набранной на компьютере в текстовом редакторе Microsoft Word и распечатаной шрифтом семейства Times, кеглем 14, через 1,5 интервала между строками, на одной стороне белой бумаги формата А4 (210×297 мм), с полями: левое, верхнее и нижнее — 20 мм, правое — не менее 10 мм. Нумерация страниц начинается с титульного листа.

Пояснительная записка должна включать в себя:

- обложку;
- титульный лист;
- оформленный бланк задания на курсовой проект вместе с выданным чертежом объекта производства;
- введение;
- технологический анализ заданного объекта производства;
- определение вида производства;
- расчет основных размеров заготовки;

- план обработки (маршрут обработки) с возможными пояснениями;
- расчеты операционных размеров;
- техническое нормирование (или разработку) операций;
- заполненные с обеих сторон операционные карты;
- пояснения к специальному станочному приспособлению и все материалы по расчету его на точность;
- пояснения к выбору контрольно-измерительного инструмента, анализ его точности и схема измерения параметра объекта производства;
- материалы по расчету параметров режущего инструмента;
- схемы, графики и результаты расчетов;
- список используемых источников информации;
- оглавление.

Если перечисленные элементы пояснительной записки являются ее разделами, то их описание начинают с новой страницы.

Материал в пояснительной записке должен дополнять и пояснять то, что вынесено на листы в виде графической части или помещено в операционных картах, но не дублировать их. Например, поясняя операцию чернового точения с одной стороны, мало сказать, как установлена и закреплена заготовка и на каком станке она выполняется. Это все есть в операционной карте на эту операцию. Следует пояснить, почему все это сделано именно так, а не иначе. И так по каждому описываемому в записке фрагменту. Или другой пример. Описывая фрезерное приспособление с делительным устройством, следует пояснить, почему выгодно использовать именно такое приспособление, и прокомментировать результаты расчета приспособления на точность, обратив внимание на производительность труда с использованием именно этого приспособления.

Некоторые особенности содержания пояснительной записки будут рассматриваться в дальнейшем при изучении методики работы по выполнению других разделов курсового проекта.

Проект считается выполненным после того, как консультант по курсовому проектированию поставил свои подписи на всех элементах проекта.

Проект считается готовым к защите после того, как консультант проекта кратко в письменной форме дал положительную оценку работы студента над проектом и поставил свою подпись.

Защита проекта. Для защиты курсовых проектов приказом директора образовательного учреждения создается экзаменационная комиссия во главе с председателем. На защите проекта в качестве

гостей могут присутствовать студенты из любой группы, родители, представители предприятия и проверяющие из вышестоящих организаций.

Студент защищает свой проект публично перед комиссией.

На защиту проекта отводится 20 мин. Из них 10 мин — на доклад студента и 5...7 мин — на вопросы членов комиссии и ответы студента на эти вопросы. Оценку за курсовой проект члены комиссии определяют открытым голосованием после краткого обсуждения. При равенстве голосов решающее слово остается за председателем комиссии.

8.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Проект по изготовлению детали включает в себя:

- технологический анализ рабочего чертежа детали;
- определение вида производства;
- проектирование заготовки;
- составление плана обработки;
- разработка операций технологического процесса;
- выбор технологического оборудования;
- расчет основных размеров заготовки;
- проектирование специального станочного приспособления для детали;
- проектирование режущего инструмента;
- проектирование специального измерительного инструмента;
- список используемой литературы и оглавление.

Все перечисленные части являются разделами пояснительной записки к проекту — неотъемлемой его частью.

Введение. Во введении студент отражает состояние технологии машиностроения в Российской Федерации в настоящее время, отмечает содержание последних постановлений Правительства Российской Федерации по улучшению данной отрасли и обосновывает актуальность выбранной темы проекта, связав ее с современным производством, на котором он проходил практику по профилю специальности.

Анализируя уровень технологии базового предприятия и раскрывая тему своего курсового проекта, студент обращает внимание на новизну отдельных частей проекта по выбранной теме и объясняет

какие цели и задачи он ставил перед собой, приступая к выполнению проекта.

Студент раскрывает пути улучшения действующего технологического процесса по каждой составляющей части своего проекта. Например, при проектировании контрольно-измерительного приспособления можно решить следующие задачи:

- уменьшить время на контрольные операции;
- повысить точность измерений;
- применить активный контроль на отдельных операциях;
- автоматизировать контрольную операцию;
- обеспечить возможность рассортировки деталей на группы для последующей селективной сборки изделий.

Технологический анализ рабочего чертежа детали. Раздел содержит анализ влияния параметров детали, точности и шероховатости ее поверхностей на надежность и долговечность работы готового изделия.

Работу над проектом начинают с изучения и критического анализа рабочего чертежа детали и технических требований на ее изготовление. При обнаружении каких-либо неточностей в оформлении полученного студентом чертежа детали по заданию на проектирование или отклонений от требований ЕСКД, равно как и других ошибок, замеченных студентом, следует произвести исправления после согласования с консультантом.

Изучая рабочий чертеж детали и технические требования на ее изготовление, в первую очередь обращают внимание на материал, группу контроля, требуемую термическую или химико-термическую обработку, размеры и форму. Эти сведения потребуются для определения возможных способов получения заготовки для детали, типа необходимого оборудования и оснастки.

Технические требования на изготовление детали содержат информацию о покрытии, требуемой химико-термической обработке и методах контроля прочности материала детали. Это дает информацию о необходимости разделения проектируемого процесса на этапы и способах защиты отдельных поверхностей от цементации.

При анализе требуемой точности обработки различают параметры первой характеристики точности, которые во многом определяют методы окончательной обработки поверхностей деталей, и параметры второй характеристики точности, которые дают подсказку о способах базирования заготовки на соответствующих операциях.

Определение по рабочему чертежу детали конструкторских баз для точных поверхностей дает ответ на вопрос о выборе технологических баз и о последовательности обработки поверхностей детали. Используя знания по соблюдению принципа совмещения баз, получают требуемые параметры второй характеристики точности экономически выгодным путем и без пересчета размеров при разработке операций технологического процесса.

Параметры шероховатости поверхностей определяют структуру технологического процесса, методы окончательной обработки поверхностей и необходимость использования доводочных операций.

Таким образом, грамотный технологический анализ рабочего чертежа детали является хорошим началом проектирования технологического процесса. Записи, сделанные в рабочей тетради при работе над этой частью задания, являются материалом для раздела «Технологический анализ рабочего чертежа детали» пояснительной записки.

Технологическая часть. Так как технологический процесс является основой для выполнения практически всех этапов изготовления детали, то он должен быть разработан с соблюдением требований и правил нормативных технологических документов, в частности ЕСТД.

Исходными данными для разработки технологического процесса являются:

- правильно составленный рабочий чертеж детали со всеми требованиями на ее изготовление;
- годовой объем выпуска изделия;
- информация об имеющемся на предприятии оборудовании;
- информация об имеющемся на предприятии режущем инструменте и технологической оснастке;
- нормативно-справочная документация по режимам обработки, справочники, каталоги и др.

Проектирование нового технологического процесса состоит из следующих этапов.

1. Анализ технологичности изделия.
2. Критический анализ действующего на предприятии технологического процесса.
3. Выбор (или определение) типа производства и определение размера производственной партии деталей (или такта выпуска деталей) в зависимости от типа производства.

4. Выбор исходной заготовки, определение ее основных размеров, способа и точности ее изготовления, назначение операционных припусков.

5. Выбор поверхностей детали, которые будут использованы в качестве технологических баз при установке и закреплении заготовки в зоне обработки соответствующих станков.

6. Маршрутное описание технологического процесса, т. е. краткое описание всех технологических операций без указания переходов и режимов обработки, но с выбором наиболее производительных методов обработки.

7. Выбор технологического оборудования, приспособлений для детали и другой технологической оснастки.

8. Описание (по согласованию с консультантом проекта) разнотипных технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и оформлением операционных эскизов и заполнением всех граф операционных карт на эти операции.

9. Назначение режимов резания по каждому переходу и расчет основного времени на все переходы для выбранных операций.

10. Проведение технического нормирования выбранных операций.

Анализ технологичности изделия (чаще детали) включает в себя тщательное изучение рабочего чертежа детали. При этом обращают особое внимание на точность размеров поверхностей детали и точность их взаимного положения, требуемую шероховатость поверхностей, наличие фасок, резьбы, шлицов, шпоночных пазов, фасонных поверхностей и др.

Для количественной оценки технологичности детали в данном проекте целесообразно использовать следующее:

- коэффициент использования материала

$$K_{и.м} = m_d / m_z,$$

где m_d — масса детали (указывается в рабочем чертеже детали); m_z — масса заготовки (рассчитывается по рабочему чертежу заготовки с учетом удельного веса материала);

- коэффициент K_c , показывающий соотношение себестоимости $C_{пр}$ операции (или изделия в целом) по данному проекту и соответствующей себестоимости $C_{баз}$ на базовом предприятии (по материалам практики по профилю специальности):

$$K_c = C_{пр} / C_{баз}$$

- коэффициент $K_{т.пр}$, показывающий соотношение трудоемкости $T_{пр}$ выполнения операции (или изготовления изделия в целом) по данному проекту и соответствующей трудоемкости $T_{баз}$ на базовом предприятии (по материалам практики по профилю специальности):

$$K_{т.пр} = T_{пр} / T_{баз};$$

- коэффициент $K_{т.пр}$, показывающий, насколько широко используются в данном проекте типовые технологические процессы:

$$K_{т.пр} = Q_{т.пр} / Q_{сум.пр};$$

где $Q_{т.пр}$ — число применяемых в данном проекте типовых технологических процессов; $Q_{сум.пр}$ — общее число применяемых в данном проекте технологических процессов.

Кроме того, следует провести анализ использования стандартного режущего инструмента, станочных приспособлений и измерительных средств.

Примечание. Количественное определение вышеперечисленных коэффициентов производят по мере появления необходимых сведений в процессе работы над проектом.

Критический анализ действующего на предприятии технологического процесса состоит в описании по материалам практики по профилю специальности используемого на предприятии технологического процесса.

При этом анализируют используемое на предприятии технологическое оборудование по точности и производительности, уровень механизации и автоматизации, используемую технологическую оснастку и организацию работы производственного участка или цеха.

По результатам анализа учитывают все стороны действующего проекта и составляют перечень мероприятий, которые позволят улучшить действующий на предприятии технологический процесс изготовления конкретного изделия.

Выбор (или определение) типа производства осуществляют с учетом годовой программы выпуска изделия, его массы и габаритных размеров.

Структура технологического процесса во многом зависит от того, какое организуют производство: единичное, серийное или массовое.

Вид производства можно определить по коэффициенту $K_{заг}$ загрузки оборудования, который определяют по соотношению трудоемкости (загрываемое время $T_{шт}$ на операцию) и заданного такта τ выпуска деталей, т. е. по формуле

$$K_{заг} = T_{шт} / \tau.$$

Такт выпуска показывает, за какое время, мин, должна выходить с производства одна готовая деталь, чтобы полностью выполнить годовую программу:

$$\tau = \Phi \cdot 60 / N,$$

где $\Phi = спл\eta$ — действительный годовой фонд времени работы станка, ч; $с$ — число рабочих смен; $п$ — количество рабочих недель в году (51 неделя); $л$ — количество рабочих часов в неделе (40 ч); η — коэффициент использования оборудования (0,94...0,96).

Если $T_{шт} \geq \tau$, то производство будет массовым, так как за каждым станком можно закрепить лишь одну операцию.

Если $T_{шт} \leq \tau$, то производство будет серийным, так как за одним станком можно закрепить несколько операций.

В тех случаях, когда нет информации о технической норме времени (или техническое нормирование еще не производили), вид производства определяют предварительно, используя классификацию деталей по их массе и габаритным размерам (табл. 8.2).

При серийном производстве детали обрабатывают партиями. Для выполнения разработки операций определяют количество деталей, одновременно запускаемых в работу (размер партии). От этого зависит время работы станка без переналадки.

Таблица 8.2. Зависимость вида производства от габаритных размеров деталей

Серийность производства	Годовая программа выпуска одноименных деталей, шт.		
	крупных (тяжелых)	средних	мелких (легких)
Единичное	До 5	До 10	До 100
Мелкосерийное	5... 100	10... 200	100... 500
Среднесерийное	100... 300	200... 500	500... 5000
Крупносерийное	300... 1000	500... 5000	5000... 50000
Массовое	Свыше 1000	Свыше 5000	Свыше 50000

Подсчитывают количество N деталей в партии по формуле

$$N = N_{\text{год}} f / D,$$

где $N_{\text{год}}$ — годовая программа выпуска деталей (по заданию на проектирование); f — количество рабочих дней, на которые разрешено иметь незавершенное производство (3—6 дней для серийного производства в зависимости от трудоемкости изготовления); D — число рабочих дней в году (254 при двух выходных днях в неделю).

При массовом производстве деталей потребуется синхронизация операций во времени. Поэтому техническое нормирование проводят в два этапа. После предварительного технического нормирования и определения трудоемкости выбранных операций выравнивают операции во времени, используя концентрацию и дифференциацию операций, а также механизацию и автоматизацию отдельных операций. После синхронизации операций производят их окончательное техническое нормирование.

Выполненные в рабочей тетради расчеты после консультации и редактирования излагают в разделе «Определение типа производства» пояснительной записки.

Выбор исходной заготовки заключается в определении ее основных размеров, способа и точности изготовления, а также общего и операционных припусков.

Заготовка для детали представляет собой цельную конструкцию, форма которой приближена к форме готовой детали. Проектирование заготовки производится в два этапа. Вначале при технологическом анализе рабочего чертежа детали приближенно определяют возможные формы заготовки и варианты ее получения с наибольшим большим значением КИМ. На втором этапе после окончательного выбора формы заготовки и метода ее получения рассчитывают все размеры заготовки с учетом общего припуска или операционных припусков.

При выборе вида заготовки исходят из особенностей материала детали (литейный сплав или деформируемый) и технологических возможностей заготовительного производства предприятия. В пояснительную записку по этому вопросу включают:

1. Обоснование выбранного способа получения заготовки (поковка или отливка) и краткое описание процесса ее получения с приведением эскизов на разных стадиях изготовления заготовки.

2. Расчет основных размеров заготовки с учетом операционных припусков на обработку, определяемых по нормативным документам.

3. Обоснование точности получения размеров заготовки с учетом износа инструмента (штампа или кокиля) при получении большой партии заготовок.

4. Обоснование штамповочных и литейных уклонов для внутренних и наружных поверхностей и радиусов закруглений.

5. Обоснование выбранного оборудования для получения заготовок:

- штамповкой в молотах и прессах;
- штамповкой на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ);
- раскаткой (получение профилей);
- литьем в кокиль;
- литьем по выплавляемым моделям и др.

Оборудование следует выбирать с учетом формы и габаритных размеров заготовки, программы выпуска и требований к заготовке.

6. Маршрут получения заготовки с эскизами последовательности ее формообразования (рис. 8.1), изображенными на одном формате с рабочим чертежом заготовки.

Разработкой рабочего чертежа заготовки и технических условий на ее изготовление заканчивается проектирование заготовки. Оформляют рабочий чертеж заготовки в соответствии с общими

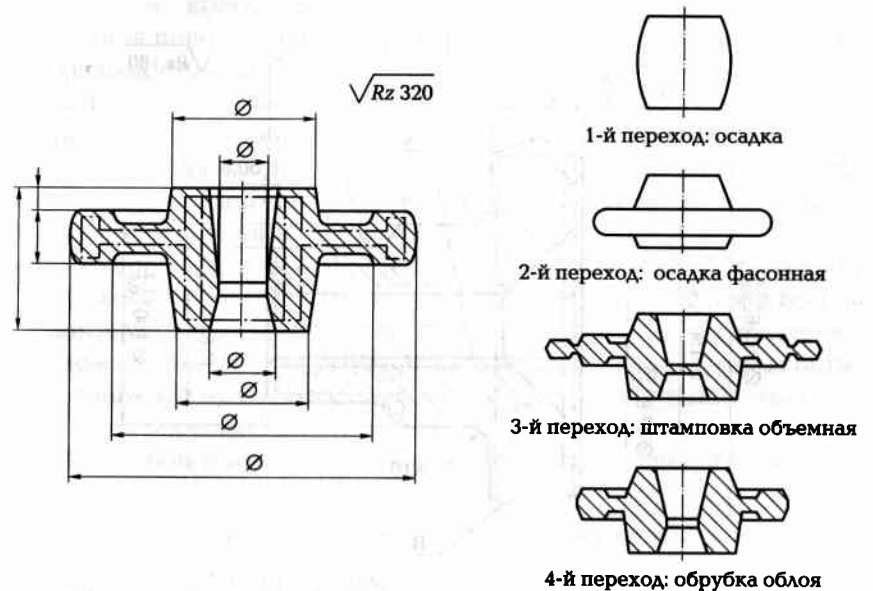


Рис. 8.1. Заготовка — штамповка и последовательность ее изготовления

правилами выполнения чертежей. На чертеже заготовки-поковки необходимо показать штрихпунктирной линией контур готовой детали.

В технических требованиях на изготовление штампованной заготовки должно быть указано следующее:

- группа контроля;
- наружные и внутренние уклоны;
- допустимое коробление заготовки;
- допустимое смещение частей штампа;
- допустимая глубина наружных дефектов;
- параметры шероховатости поверхностей;
- твердость материала;
- вид термической обработки;
- способ очистки от окалины.

Пример оформления заготовки-штамповки показан на рис. 8.2.

На чертеже заготовки-отливки припуски на механическую обработку обозначают штриховкой с указанием их размеров. В технических условиях на ее изготовление указывают квалитет точности изготовления отливки.

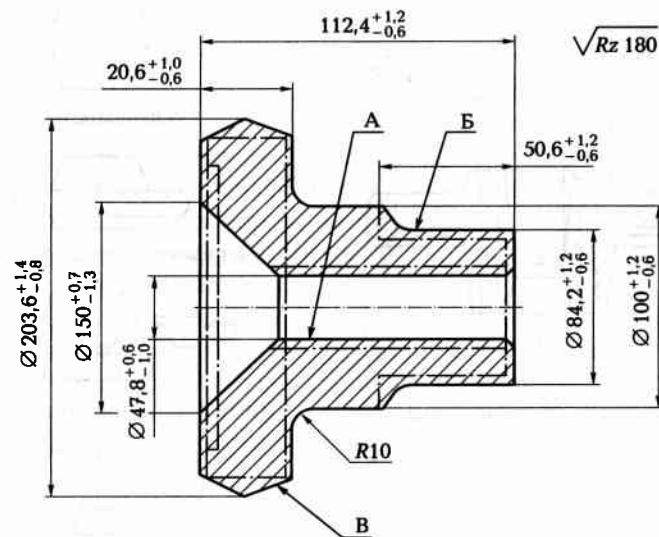


Рис. 8.2. Пример оформления рабочего чертежа штампованной заготовки

Выбор поверхностей детали, которые будут использованы в качестве технологических баз при базировании заготовки в зоне обработки соответствующих станков, производится с использованием материалов анализа рабочего чертежа детали.

Выбирая базы и назначая последовательность операций, стремятся соблюсти принцип совмещения баз, сущность которого заключается в том, чтобы в качестве технологических баз (исходной, установочной и измерительной) использовать элементы обрабатываемой детали, являющиеся конструкторскими базами по отношению к обрабатываемым поверхностям.

Очередность обработки поверхностей в этом случае соответствует координации этих поверхностей на рабочем чертеже детали. Эта часть работы над технологическим процессом, а именно выбор последовательности обработки поверхностей и совмещения баз, требует особого внимания со стороны разработчика технологического процесса.

Если по какой-либо причине не удалось соблюсти принцип совмещения баз, то расчетом определяют ожидаемую погрешность обработки в данной операции с учетом погрешности взаимного положения поверхностей. Это обязательно приведет к повышению точности обработки на данной операции.

Маршрутное описание технологического процесса — это план обработки с кратким описанием всех технологических операций без указания переходов и режимов обработки, но с выбором наиболее производительных методов обработки.

Это наиболее важная часть проекта. Ей следует уделить особое внимание. План обработки представляет собой технологический документ, в котором отражена последовательность операций и основное содержание технологического процесса изготовления детали или сборки изделия.

Технологическая операция — это законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте. Применительно к механической обработке операция выполняется на одном станке одним рабочим. В операцию входят все действия рабочего, обслуживающего рабочее место, и движения элементов системы обработки.

Исходной информацией для составления плана обработки являются:

- результаты технологического анализа рабочего чертежа детали;
- принятое решение о виде производства;
- окончательное решение о форме заготовки.

Описание 2—3 (по согласованию с консультантом проекта) разнотипных технологических операций в последовательности их выполнения согласно плану обработки с указанием переходов и оформлением операционных эскизов и заполнением всех граф операционных карт на эти операции;

Примечание. Следует настроиться на то, что окончательный вариант плана получится не сразу, а станет результатом последовательных изменений и уточнений первоначального варианта плана обработки.

- составление операционных эскизов на первом этапе целесообразно выполнять в рабочей тетради или на черновике. На эскизе деталь изображают в том виде, какой она будет иметь после обработки на данной операции. Масштаб изображения выбирают произвольный, но соблюдают пропорцию размеров отдельных элементов детали.

Первый эскиз — изображение заготовки для детали, далее операционные эскизы. Рядом с каждым операционным эскизом располагают следующую информацию:

- предварительный номер операции;
- полное и четкое название операции, по которому можно судить, об обработке каких поверхностей идет речь;
- тип станка;
- способ установки заготовки, используя принятые условные обозначения (табл. П4.8);
- способ закрепления заготовки, используя принятые условные обозначения (табл. П4.8);
- операционные размеры, пока без указания их величин;
- общий знак требуемого параметра шероховатости поверхности.

Операции по термической обработке, слесарные операции, гальванические операции, контрольные операции записывают одной строкой без эскиза. Поверхности, подлежащие обработке в данной операции, выделяют утолщенными линиями или другим цветом. На этом этапе следует обратить внимание на концентрацию или дифференциацию операций, что позволит избежать больших изменений при окончательном оформлении операционных эскизов.

В большинстве случаев по рабочему чертежу детали может быть предопределена степень концентрации операции, о чем говорят требования по взаимному положению поверхностей детали. Это может быть указано или на чертеже детали условными обозначениями (Приложение 11), или текстом в технических условиях на

изготовление детали. Так, например, условие перпендикулярности торцевой поверхности оси прилегающей к ней цилиндрической поверхности (торцевое биение) проще всего обеспечить обработкой этих поверхностей в одну установку заготовки.

Правильный выбор методов обработки поверхностей предопределяет оптимальность плана обработки детали. При составлении предварительного плана обработки детали хорошо бы воспользоваться типовым технологическим процессом, заимствованным на предприятии или взятым из учебника. При отсутствии такой возможности необходимо воспользоваться примерным маршрутом получения точности и шероховатости поверхностей (Приложение 6, 7).

Анализируя возможные варианты окончательной обработки поверхностей с целью получения требуемой точности и шероховатости, легко выбрать именно тот маршрут обработки каждой поверхности, который обеспечит и точность поверхности, и ее шероховатость.

Следует обратить внимание на то, что в ряде случаев одни и те же параметры поверхности можно получить по разным маршрутам. Например, при обработке отверстий шероховатость $Ra\ 1,25$ и точность по седьмому качеству можно получить и чистовым развертыванием, и чистовым шлифованием.

Вариант конкретного маршрута зависит от размеров поверхности, степени концентрации операции, массы заготовки, сложности конфигурации заготовки, параметров второй характеристики точности и др.

Окончательно определяют методы обработки, ориентируясь на их технологические возможности, определяемые следующими параметрами:

- величиной допустимого припуска на обработку;
- достигаемой точности обработки;
- достигаемой шероховатости поверхности;
- обрабатываемым материалом;
- производительностью метода ($T_{шт}$).

При окончательном выборе метода обработки следует помнить, что каждая последующая операция по обработке одной и той же поверхности точнее предыдущей. Выбранный метод обработки поверхности предопределяет технологическое оборудование, режущий инструмент, а иногда и способ установки и закрепления заготовки.

Таким образом, постепенно определились методы обработки всех поверхностей детали и средства для их обработки.

Уточнение задания, т. е. его конкретизацию, выполняют сразу после составления предварительного плана обработки, так как уже практически определена каждая операция и просматривается ее сложность.

Сущность этого уточнения на данном этапе заключается в том, чтобы вместе с преподавателем-консультантом решить окончательно, какие 2—3 операции следует разрабатывать полностью в рамках задания на курсовой проект.

Примечание. Оптимальной следует считать операцию, выполняемую в одну установку заготовки и состоящую из 2—3 переходов.

После уточнения задания у студента должна быть полная ясность по всему объему проекта, а именно:

- какие разнотипные операции необходимо полностью разрабатывать и помещать эскизы их наладок в графическую часть проекта;
- какое специальное станочное приспособление и для какой операции предстоит проектировать;
- какой специальный режущий инструмент следует проектировать и разрабатывать на него рабочий чертеж или рассчитывать на прочность;
- какой контрольно-измерительный инструмент предстоит проектировать и для измерения какого параметра.

Если появились затруднения в выборе специального режущего инструмента или контрольно-измерительного прибора, то возможны варианты дублирования какой-либо части задания, но с другим уклоном. Например, если нет возможности определиться с контрольно-измерительным приспособлением, то можно спроектировать второе станочное приспособление, но другого типа.

На данном этапе работы следует решить вопрос об анализе двух вариантов выполнения какой-либо операции, чтобы в план обработки включить экономически целесообразную операцию при заданной программе выпуска деталей.

Можно сравнивать выполнение отдельных операций двумя возможными вариантами:

- обработку наружной резьбы точением, накаткой или фрезерованием;
- получение профиля зубьев цилиндрического зубчатого колеса фрезерованием или долблением;

- обработку шпоночного паза во втулке протягиванием или долблением;
- обработку внутренних шлицев долблением или протягиванием;
- чистовую обработку наружной цилиндрической поверхности шлифованием или тонким точением;
- чистовую обработку внутренней цилиндрической поверхности шлифованием или развертыванием;
- обработку ступенчатого отверстия сверлом и зенкером или комбинированным инструментом сверло-зенкер.

Лучший вариант оценивается сравнением технологической себестоимости выполнения операции.

Материалы по составлению плана обработки и экономическому анализу вариантов операции помещают в пояснительную записку и на листы графической части.

Назначение режимов резания по каждому переходу и расчет основного времени на эти переходы. Перед выполнением этого этапа составления плана обработки детали необходимо убедиться в том, что в черновой вариант плана внесены все результаты расчетов и все уточнения.

Убедившись в правильности принятых решений по последовательности выполнения операций, уточняют место термообработки, место необходимых слесарных операций по зачистке заусенцев, клеймению и место контрольных операций.

Дальнейшую работу целесообразно выполнять по следующим этапам:

1. Оформление плана обработки.
2. Выбор межоперационных припусков.
3. Расчет операционных размеров.
4. Уточнение и сравнение общего припуска.
5. Выбор оборудования.
6. Заполнение операционных карт.
7. Разбивка операций на переходы.
8. Выбор приспособления.
9. Выбор режущего инструмента.
10. Выбор измерительного инструмента.
11. Техническое нормирование операций.
12. Выбор параметров режимов резания.
13. Оформление карт наладки.

1. Оформление плана обработки. Выполненный в рабочей тетради план обработки с «немыми» размерами (без указания числовых значений) следует аккуратно вычертить на листах формата А4,

оставив слева поля для их подшивки в пояснительную записку. При этом одной строкой без эскиза вносят на свои места в плане обработки следующие операции: слесарные, термической или химико-термической обработки, гальванические, контрольные и др.

После этого операциям присваивают окончательные номера (5, 10, 15, ...) и четкое и полное название операции. В дальнейшем, по мере выполнения последующих этапов, план обработки будет постепенно заполняться, т. е. операционные эскизы и столбцы таблицы будут дополняться соответствующими данными.

2. Выбор межоперационных припусков. Для назначения операционных припусков на обработку каждой поверхности заготовки в условиях серийного производства мелких и средних деталей простой конфигурации целесообразно при курсовом проектировании применить опытно-статистический метод. В этом случае значения припусков устанавливают по нормативным таблицам.

Убедившись, что в плане обработки детали правильно намечены поверхности, подлежащие обработке, верно выбран метод их обработки и технологические базы, приступают к определению значений операционных припусков. Необходимое условие — последовательность обработки каждой поверхности детали уже определена на основании табл. П4.4 с учетом заданной шероховатости и точности поверхностей.

Для более правильного понимания выполнения этой части задания рассмотрен пример выбора межоперационных припусков для наружной поверхности М детали вал 1, ось которого расположена горизонтально (рис. 8.3). Из рис. 8.3 очевидно, что параметр шероховатости этой поверхности $Ra \leq 1,25$ мкм. По Приложению 7 уточняют ранее намеченный маршрут обработки этой поверхности и окончательно определяют последовательность ее обработки:

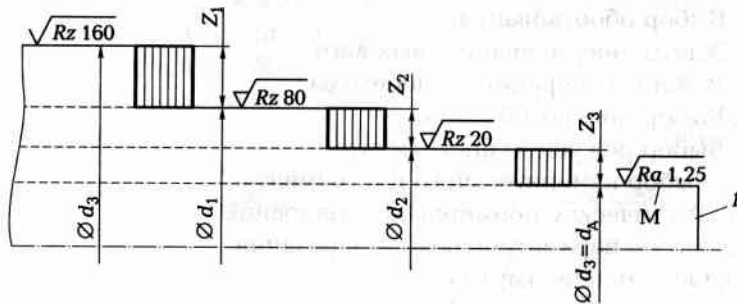


Рис. 8.3. Межоперационные припуски для наружной цилиндрической поверхности

1. Черновое обтачивание, при котором получают операционный размер d_1 , снимая операционный припуск Z_1 .

2. Точение чистовое (под шлифование), при котором получают операционный размер d_2 , снимая операционный припуск Z_2 .

3. Шлифование окончательное, при котором получают размер детали d_A , снимая операционный припуск Z_3 .

Далее, воспользовавшись в качестве справочного пособия среднестатистическими материалами, приведенными в таблицах Приложения 5, находят (с учетом диаметрального размера вала) величину припуска для каждого из применяемых методов обработки. Для наглядности следует изобразить припуски графически в обратном порядке их снятия при обработке (см. рис. 8.3). В результате получили полную картину расположения операционных припусков на наружную поверхность вала.

Такую процедуру выполняют для каждой обрабатываемой поверхности детали.

3. Расчет операционных размеров. Для начала условимся, что на каждую операцию поступает заготовка, а с операции выходит деталь.

С учетом сказанного, номинальным операционным припуском называют разность между номинальным размером заготовки, поступившей на данную операцию, и номинальным операционным размером, получаемым на данной операции.

Если к размеру d_A поверхности детали, указанному на рабочем чертеже, приплюсовать операционные припуски Z_{3max} , Z_{2max} и Z_{1max} , снимаемые на всех этапах обработки данной поверхности, то получим размер $d_{зар}$ заготовки для этой поверхности (см. рис. 8.3):

$$d_{зар} = d_A + Z_{3max} + Z_{2max} + Z_{1max},$$

а если размер заготовки уменьшить на величину припуска Z_{1max} , снимаемого на первой операции, то получим операционный размер, который необходимо получить на этой операции:

$$d_1 = d_{зар} - Z_{1max}.$$

Операционные размеры для остальных методов обработки (чистовое точение и шлифование) получают аналогичным образом:

$$d_2 = d_1 - Z_{2max};$$

$$d_3 = d_A = d_2 - Z_{3max}.$$

Допуски на операционные размеры можно найти из приложений с учетом качества точности обработки, соответствующего данному методу обработки размера обрабатываемой поверхности и поля

допуска на размер обрабатываемой поверхности, указанного на рабочем чертеже детали.

Такую процедуру необходимо проделать для каждой обрабатываемой поверхности детали, чтобы рассчитать все операционные размеры и точность их выполнения.

4. Уточнение и сравнение общего припуска. Говоря об общем припуске на обработку, можно рассматривать номинальное его значение и максимальное значение отдельно для каждой поверхности детали.

Номинальный общий припуск на обработку конкретной поверхности детали определяют как разность между номинальным размером заготовки по этой поверхности и номинальным размером этой поверхности у готовой детали.

Максимальный общий припуск на обработку конкретной поверхности детали определяют как разность между наибольшим размером заготовки по этой поверхности и минимальным размером этой поверхности у готовой детали.

Общий номинальный припуск Z_o на обработку заготовки равен (для конкретной поверхности) сумме номинальных припусков Z_i , снимаемых на всех операциях, или определяется как разность номинальных размеров исходной заготовки (для конкретной поверхности) и номинальным размером этой же поверхности у готовой детали, т. е.

$$Z_o = \sum_{i=1}^n Z_i = d_{зар} - d_A, \quad (8.1)$$

где n — общее число технологических операций (переходов) обработки рассматриваемой поверхности детали.

После определения операционных размеров рассчитывают по формуле (8.1) общий припуск на обработку и сравнивают его с нормативными данными, принятыми ранее при проектировании заготовки (см. раздел «Проектирование заготовки»).

Если нормативный припуск больше расчетного, то необходимо принять решение о количестве проходов в черновых операциях или ввести дополнительные черновые операции для снятия сверхрасчетного слоя материала. Этот анализ следует отразить в пояснительной записке.

5. Выбор оборудования. В этой части пояснительной записки следует определиться с моделями станков для каждой операции. Выбранные станки должны обеспечить заданную точность обработки, качество поверхностного слоя изготавливаемой детали, производительность обработки, минимальную себестоимость операции.

Критерии выбора технологического оборудования:

- степень концентрации операции (количество переходов в операции);
- габаритные размеры и форма заготовки;
- материал, из которого изготавливается деталь;
- требуемые точность и шероховатость поверхностей;
- экономическая целесообразность.

При выборе оборудования следует обратить внимание на затрачиваемую энергию при выполнении операции. Известно, что потребляемая мощность современных станков, диапазон скоростей и подач рассчитаны на максимальные габаритные размеры и массу заготовок, которые можно установить и закрепить на данном типе станка. Поэтому предпочтение следует отдавать станкам удовлетворяющим указанным параметрам детали, технологический процесс обработки которой разрабатывается.

Например, решить вопрос о выборе типа токарного станка по уровню механизации и автоматизации можно, используя информацию, размещенную в табл. 8.3, с учетом срока окупаемости затрат на механизацию и автоматизацию оборудования.

Таблица 8.3. Экономически целесообразные партии деталей

Количество деталей в обрабатываемой партии, шт.	Тип токарного станка
Единичное производство	Токарный, универсальный
25 и более	Токарно-револьверный
150... 700 и более	Одношпиндельный автомат
700 и более	Многошпиндельный автомат
Массовое производство	Специальные станки

Типы некоторых металлообрабатывающих станков и их характеристики приведены в Приложении 17.

6. Заполнение операционных карт. Операционные карты составляют на 4 разнотипные операции по форме, установленной на предприятии — базе практики или образовательного учреждения.

В операционную карту переносят из плана обработки эскиз намеченной к разработке операции. Масштаб выбирают таким, чтобы все размеры и другие условные обозначения были хорошо видны

и не накладывались один на другой. Обрабатываемые в данной операции поверхности выделяют утолщенными линиями (можно обвести красным цветом). Условными обозначениями показывают способ установки заготовки и способ ее закрепления (табл. П4.8).

Получаемые в данной операции параметры шероховатости обозначают принятыми условными знаками. Общий знак требуемой шероховатости помещают в верхнем правом углу, а если на других поверхностях параметры шероховатости иные, то их проставляют непосредственно на обрабатываемых поверхностях или на выносных линиях по этим поверхностям.

Все ячейки на обеих сторонах операционной карты должны быть заполнены. Часть из этих ячеек заполняют на данном этапе, а оставшиеся ячейки следует заполнять по мере получения результатов расчетов, выбора оснастки и др.

7. Разбивка операций на переходы. Переход — это законченная часть технологической операции, выполняемая одним или одновременно несколькими режущими инструментами по созданию одной или одновременно нескольких поверхностей без изменения (на станках с ЧПУ с автоматическим изменением) режимов работы станка.

Следовательно, для повышения производительности можно объединять несколько простых переходов в один сложный переход, при котором будет одновременно обрабатываться несколько поверхностей. Этим приемом можно регулировать время на выполнение операции.

Проведя предварительную разбивку операции на переходы, вносят их названия в графу «Наименование переходов» карандашом, чтобы после нормирования операций записать окончательно, если трудоемкость операции не превышает такт выпуска деталей. Заполняют окончательно следующие графы операционной карты:

- «Размеры обработки»;
- «Припуск на обработку»;
- «Число проходов».

8. Выбор приспособления. Безусловно, лучшим вариантом используемого приспособления будет универсальное приспособление. Но главным при этом является обеспечения требуемой точности взаимного положения поверхностей детали. Если универсальное приспособление не обеспечивает требуемую точность, то следует остановиться на выборе специального приспособления.

При выборе оснастки руководствуются следующими соображениями:

- в мелкосерийном производстве целесообразнее использовать универсальные и универсально-сборные приспособления (УСП);
- в серийном производстве будет оправдано использование специальной оснастки;
- в массовом производстве лучше использовать специальные автоматизированные приспособления.

При выборе оснастки для финишных операций следует обратить внимание на прецизионные приспособления, например, неразрезную цангу, приспособления с гидропластмассой, центровые оправки с малой конусностью и др.

Название выбранного приспособления записывают в операционную карту в ячейку «Приспособление», например «Цанговый зажим», «Оправка цилиндрическая», «Трехкулачковый патрон».

9. Выбор режущего инструмента. Выбираемый режущий инструмент должен обеспечивать наименьшее машинное время, низкую стоимость обработки и наименьшее усилие резания. Режущая часть этих инструментов должна быть износостойкой и обеспечивать высокопроизводительную обработку. Этим требованиям удовлетворяют твердые сплавы, кобальтовые и ванадиевые марки сталей или материалы с твердосплавным напылением. При возможности необходимо использовать комбинированный режущий инструмент, например сверло-зенкер, комбинированный зенкер, что уменьшит количество переходов в операции.

Выбранный режущий инструмент записывают в графу «Инструмент режущий» лаконичной записью, например «Резец проходной», «Сверло спиральное Ø12,5», «Зенкер комбинированный специальный».

10. Выбор измерительного инструмента. Каждое измерительное средство имеет определенные метрологические характеристики, а каждый параметр детали требует определенной точности измерения. Выбрать измерительное средство — это, в первую очередь, означает согласовать точность измеряемого параметра с точностью измерительного средства. Точность измерительного средства должна быть почти на порядок выше точности измеряемого параметра. Следует обратить внимание на цену деления измерительного средства, пределы измерения, зависимость погрешности измерения от внешних условий, а также стоимость измерительного средства.

Так как при механической обработке основными измеряемыми параметрами являются геометрические, то для их измерений широко используют штангенинструменты, индикаторные приборы, гладкие и резьбовые микрометры, рычажные скобы, миниметры и др.

После выбора измерительных средств делают запись в операционной карте в графе «Инструмент мерительный», например «Микрометр 0-25», «Шаблон специальный», «Предельный калибр Ø 22,5».

11. Техническое нормирование операций. Технически обоснованная норма времени — это время выполнения технологической операции в наиболее благоприятных для данного производства условиях. Рассчитывают это время исходя из наиболее рационального использования труда рабочих и возможностей действующего оборудования, имеющейся оснастки и с учетом последних достижений техники и передового производственного опыта.

Обоснованную норму времени используют для расчета заработной платы рабочих, определения требуемого количества оборудования и потребности в рабочей силе, а также планирования работы производственного участка или цеха.

Для неавтоматизированного производства штучное время представляет собой календарное время, затраченное на выполнение технологической операции по изготовлению детали (изделия) на одном рабочем месте. Оно определяется по следующей формуле

$$T_{шт} = T_o + T_b + T_{орг} + T_r + T_{п} \quad (8.2)$$

где T_o — основное (машинное) время; T_b — вспомогательное время; $T_{орг}$ — время организационного обслуживания; T_r — время технического обслуживания; $T_{п}$ — время перерывов в работе.

Основное время затрачивает рабочий непосредственно на изменение формы и размеров заготовки, на получение заданной точности обработки и качества поверхностного слоя.

При сборочных операциях это время затрачивается на создание требуемого взаимного положения собираемых деталей, обеспечение точности их взаимного положения и их закрепление, а затем контроль и обеспечение точности других сборочных параметров.

При механической обработке заготовки режущим инструментом, настроенным на заданный размер, основное время определяют для каждого перехода (простого или сложного) по следующей формуле

$$T_o = L_p / S_{мин} = (L_{вр} + L + L_{вых}) i / (n S_{об} a), \quad (8.3)$$

где L_p — расчетная длина обработки (перемещение режущего инструмента), мм; $S_{мин}$ — минутная подача режущего инструмента, мм/мин; $L_{вр}$ — величина врезания режущего инструмента, мм; L — длина обрабатываемой поверхности, мм; $L_{вых}$ — длина выхода (перебега) режущего инструмента, мм; i — число проходов в данном

технологическом переходе; n — частота вращения шпинделя станка (фрезы), мин^{-1} ; $S_{об}$ — подача режущего инструмента на один оборот заготовки (фрезы), мм/об; a — число одновременно обрабатываемых деталей.

Параметры $L_{вр}$, L , $L_{вых}$ определяют в результате анализа геометрической схемы обработки данной поверхности ранее выбранным методом обработки (рис. 8.4).

При обтачивании методом продольной подачи, установленной в центрах с рифленным передним центром заготовки (рис. 8.4, а), при сквозном сверлении отверстия (рис. 8.4, б), при фрезеровании паза или плоскости цилиндрической фрезой (рис. 8.4, в), при сверлении плоскости шириной B торцем абразивного круга или фрезы (рис. 8.4, г) расчетную длину L_p определяют по формуле

$$L_p = L_{вр} + L + L_{вых} \quad (8.4)$$

При сверлении (см. рис. 8.4, б) величину врезания определяют по формуле

$$L_{вр} = 0,3d_c,$$

где d_c — диаметр сверла.

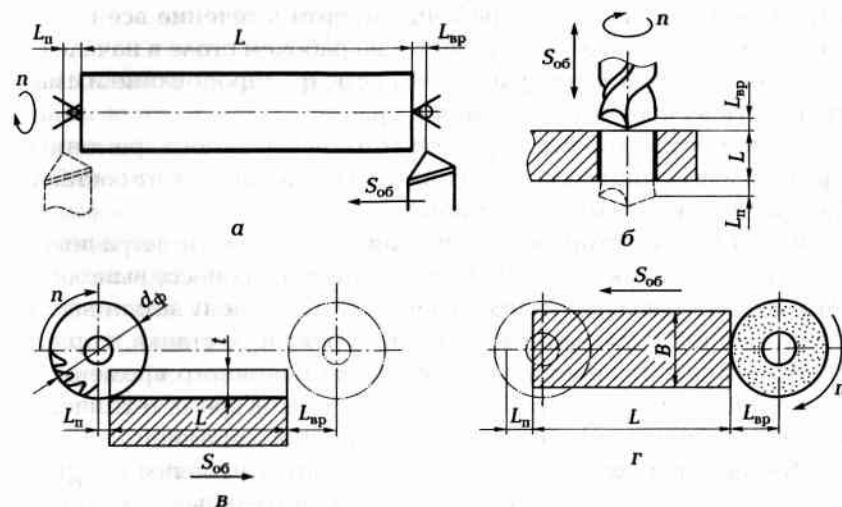


Рис. 8.4. Определение расчетной длины обработки:

а — при обтачивании методом продольной подачи; б — при сквозном сверлении отверстия; в — при фрезеровании паза; г — при шлифовании плоскости торцем абразивного круга

При фрезеровании паза (см. рис. 8.4, в) величину врезания определяют по формуле

$$L_{\text{вп}} = \sqrt{t(d_{\text{ф}} - t)},$$

где t — глубина паза; $d_{\text{ф}}$ — диаметр фрезы.

Длину L обработки принимают по операционному эскизу. Частоту вращения шпинделя станка (фрезы) и минутную подачу режущего инструмента на один оборот заготовки (фрезы) определяют по нормативам.

Вспомогательное время затрачивает рабочий на установку заготовки и снятие детали, управление механизмами станка, контрольные измерения, предусмотренные планом обработки, и др. Это время необходимо для создания возможностей выполнения основной цели рассматриваемого перехода.

Определяют вспомогательное время на операцию суммированием его составляющих элементов, приводимых в таблицах нормативов по техническому нормированию (табл. П9.2, П9.3).

Оперативное время складывается из основного и вспомогательного времени, не перекрываемого основным временем, т. е.

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{о}} + T_{\text{в}}. \quad (8.5)$$

Время организационного обслуживания рабочего места затрачивается рабочим на уход за рабочим местом в течение всей смены, а именно на раскладку инструмента на рабочем столе в начале смены и уборку его в конце работы, на осмотр, опробование и смазку технологического оборудования и др.

Исчисляют это время в процентах от оперативного времени. Например, для крупносерийного производства оно может составлять 0,8...2,5% оперативного времени.

Время технического обслуживания рабочего места затрачивается на уход за технологическим оборудованием в процессе выполнения работы: на подналадку станка, на правку или замену затупившегося режущего инструмента, на удаление стружки со станка и др.

Исчисляют это время в процентах от основного времени. Для большинства металлообрабатывающих станков время технического обслуживания составляет 3...6% от основного времени.

Время перерывов в работе затрачивается рабочим на личные физиологические потребности и на дополнительный отдых. Время для дополнительного отдыха предусматривается лишь в случае физически тяжелых или интенсивных работ.

Исчисляют время перерывов в работе в процентах от оперативного времени. Например, при мелкосерийном производстве оно

составляет 4...5% от оперативного времени, при крупносерийном производстве оно составляет 5...8% от оперативного времени. Обычно это время не превышает 2% от продолжительности рабочей смены.

При серийном производстве детали обрабатывают партиями. Время на обработку одной детали называют штучно-калькуляционным временем ($T_{\text{шт-к}}$). При этом число $N_{\text{п}}$ деталей в партии определяют по формуле

$$N_{\text{п}} = Nf/D, \quad (8.6)$$

где N — годовая программа выпуска деталей; f — количество рабочих дней, на которые разрешено иметь незавершенное производство; D — число рабочих дней в году (при двух выходных днях в неделю $D = 254$ дня).

На всю партию деталей отводится **подготовительно-заключительное время** $T_{\text{п-з}}$, которое используют главным образом для переналадки оборудования. Его величина не зависит от количества деталей в партии, а зависит от степени сложности наладки операции, оборудования и оснастки. Назначается это время по нормативам (табл. П9.4 — П9.6).

Таким образом, при серийном производстве время на обработку одной детали вычисляют по формуле

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{п-з}}/N_{\text{п}} + T_{\text{шт}} \quad (8.7)$$

12. Выбор режимов резания. Эта часть работы связана с использованием нормативных материалов (табл. П11.4 — П11.19) и проведением целого ряда расчетов.

Режимы обработки применяют такие, которые обеспечивают рациональное использование высокопроизводительных инструментальных материалов и технологического оборудования.

Начинают эту часть работы с выбора материала режущей части инструмента. Широко применяют быстрорежущие стали Р9 и Р18, а также твердосплавные пластины, например из Т15К6.

Назначая режимы резания, придерживаются следующей очередности:

1. Выбирают глубину резания с таким расчетом, чтобы уже известный припуск на обработку можно было снять за наименьшее число проходов.

2. Определяют подачу по таблицам нормативов резания в зависимости от типа режущего инструмента, размеров обрабатываемой поверхности, глубины резания, точности и шероховатости обрабатываемой поверхности.

3. По установленной глубине резания и подаче с учетом материала заготовки и стойкости режущего инструмента выбирают скорость резания.

4. По выбранной скорости резания и наибольшему диаметру обрабатываемой поверхности (или фрезы) определяют частоту вращения шпинделя станка.

5. Уточняют по паспортным данным технологического оборудования обороты шпинделя и величину подачи и заносят эти данные в соответствующие графы («Режимы обработки») операционной карты.

6. Проводят нормирование операций, записывая все временные параметры в соответствующие графы операционной карты.

7. Разряд работ и профессию рабочего определяют по единому тарифно-квалификационному справочнику и заносят в операционную карту в соответствующую графу.

При нормировании специфических видов операций (например, электрохимической, электроэрозийной и ультразвуковой обработки) можно воспользоваться заводскими данными, полученными во время практики, или справочниками по данным методам обработки.

Все расчеты, связанные с нормированием операций, помещают в пояснительную записку в разделе «Техническое нормирование».

Примечание. Студент вправе воспользоваться информацией по техническому нормированию из отчета по практике по профилю специальности, которую он проходил на предприятии отрасли.

13. Оформление карт наладки. Карты наладки входят в графическую часть проекта. 2—3 карты наладки следует оформить на одном листе чертежной бумаги формата А1. Каждая оформляется на формате не меньше, чем А3.

Карта наладки представляет собой совмещенный эскиз, содержащий следующую информацию:

- располагают в левом верхнем углу формата номер и название операции, модель выбранного станка;
- изображение фрагментов конструкций установочных и зажимных элементов приспособления, участвующих в базировании заготовки;
- эскиз обрабатываемой заготовки в таком виде, который она имеет после выполнения данной операции, с выделенными красным цветом обрабатываемых в данной операции поверхностей;

- изображенный в конечной стадии перехода фрагмент режущего инструмента, задействованного в данной операции, обозначенный номером перехода;
- получаемые в данной операции размеры с указанием в цифровом виде параметров первой и второй характеристик точности;
- обозначенные соответствующими стрелками все движения элементов системы обработки, необходимые для получения требуемых параметров поверхностей;
- таблица с результатами режимов резания (для каждого режущего инструмента своя строка) и результатами по техническому нормированию данной операции, изображенная в левом нижнем углу формата;
- угловой штамп (один на весь формат листа в правом нижнем углу).

Проектирование специального приспособления для детали. В курсовом проекте предусмотрено проектирование специального станочного приспособления для обработки заготовки на определенной операции, на которой использовать универсальное приспособление для базирования обрабатываемой заготовки не представляется возможным.

Работая над этой частью курсового проекта, студенту необходимы знания дисциплины «Технологическая оснастка» и принципов базирования заготовок.

С учетом опыта, приобретенного студентом при работе со специальными приспособлениями во время практики по профилю специальности, и знаний, полученных при изучении дисциплины «Технологическая оснастка», рекомендуется выполнение этой части проекта в следующей последовательности:

1. Определяют, для выполнения какой операции технологического процесса необходимо проектировать приспособление.
2. Определяют, на каком станке должна выполняться выбранная операция.
3. Анализируют операционный эскиз на данную операцию, обратив особое внимание на технологические базы (исходную и установочную). Необходимо еще раз убедиться в соблюдении принципа совмещения баз, сравнив простановку соответствующих размеров на рабочем чертеже детали и на операционном эскизе.
4. Выбирают прототип приспособления, используя для этих целей альбомы, нормали или станочное приспособление из отчета по практике.

5. Сделав выбор приспособления, приступают к его эскизному проектированию.

6. Изображают только основные элементы приспособления: установочные, зажимные, для направления режущего инструмента, не загромождая эскиз второстепенными элементами.

7. После согласования с консультантом эскизного варианта приспособления оценивают, при какой точности изготовления основных элементов приспособления будет обеспечена требуемая точность размеров. Так как объемом курсового проектирования детализовка приспособления не предусмотрена, то результаты проверки приспособления на точность отражают в пояснительной записке с приведением схемы расчета, а ключевые размеры основных элементов, влияющие на точность получения размеров, указывают на сборочном чертеже приспособления. Если эти размеры затеняют общий вид приспособления, то их указывают отдельно на свободном месте чертежа.

8. После согласования с консультантом дополняют эскизный проект приспособления всеми необходимыми элементами, в том числе крепежными, и вычерчивают приспособление на чертежной бумаге сначала в тонких линиях, а затем (после проверки преподавателем) обводят окончательно согласно ЕСКД. При этом количество видов, разрезов и сечений должно быть таким, чтобы была полная ясность по конструкции каждой детали приспособления.

9. Выносят позиции всех деталей приспособления и составляют спецификацию согласно ЕСКД. Порядковые номера деталей представляют на конце выносной линии с возрастанием по часовой стрелке.

10. В технических условиях записывают требования на сборку приспособления и способ обеспечения точности сборочных параметров, влияющих на точность выполнения операционных размеров.

В пояснительной записке в разделе «Проектирование спецнастки» помещают краткое обоснование выбранного приспособления и все расчеты, связанные с ним.

Проектирование специального режущего инструмента. Объемом работ по курсовому проектированию предусматривается выполнение этой части задания по одному из двух вариантов:

1. Проектирование специального режущего инструмента.

2. Прочностные расчеты (или иные по заданию консультанта), связанные с режущим инструментом, если не предусмотрено использование в разрабатываемом технологическом процессе (или по иным соображениям) специального режущего инструмента.

При выполнении работ по первому варианту в пояснительную записку помещают обоснование геометрии и размеров режущего инструмента, профилирование геометрии его режущей части, выбор материала для режущей части и способ ее крепления к основанию инструмента. В графическую часть помещают рабочий (или сборочный) чертеж режущего инструмента с указанием всех углов режущей части, обратив особое внимание на допустимый износ инструмента и поверхности, по которым его затачивают при затуплении.

При выполнении работ по второму варианту в пояснительной записке обосновывают необходимость выполнения данного расчета, размещают подробную схему расчета, исходные данные для расчета, расчетные формулы с указанием всех входящих в них величин с размерностями и результаты расчетов. В графическую часть проекта помещают расчетную схему с указанием контуров обрабатываемой заготовки и режущего инструмента, являющегося объектом расчета, и основные расчетные формулы.

Проектирование специального измерительного инструмента. Исходными данными для проектирования специального контрольно-измерительного приспособления являются:

- контролируемая величина и ее размерность;
- сложность геометрической формы и размеры контролируемой поверхности;
- точность контролируемого размера или параметра;
- масса и габаритные размеры контролируемой детали;
- годовая программа выпуска проверяемых деталей.

Детали большой массы контролируют переносными приборами, а детали небольшой массы стационарными. Это важно иметь в виду в случае разработки измерительных средств, для работы которых необходимо энергопитание, например для пневматического калибра с ротаметром, который требует подвод сжатого воздуха.

Программа выпуска деталей определяет уровень механизации измерительных средств. Например, при крупносерийном и массовом производстве целесообразно применять на финишных операциях автоматизированный контроль выполнения операций или приборы активного контроля, позволяющие управлять режимами работы станка, например шлифовального.

При большом числе контролируемых параметров целесообразно применение многомерных измерительных средств, которые позволяют произвести измерения на одном рабочем месте нескольких параметров готовой детали.

При проектировании измерительного средства учитывают измерительное усилие, воздействующее на поверхность контролируемой детали. В тех случаях, когда необходимо контролировать тонкостенные с малой жесткостью детали, целесообразнее применять бесконтактные методы контроля, например оптический, пневматический, индуктивный или емкостный.

В пояснительной записке в разделе «Контрольно-измерительное устройство» помещают принципиальную схему устройства, описывают его принцип работы и приводят анализ точности работы контрольно-измерительного устройства.

В графической части проекта на чертежной бумаге формата А3 помещают общий вид устройства и принципиальную схему измерения.

Проект по сборке изделия. Задания на курсовой проект по сборочной тематике могут быть двух видов:

1. Разработка механосборочного процесса.
2. Разработка сборочного процесса.

В обоих случаях сборочный чертеж как объект курсового проектирования должен содержать:

- графическое изображение изделия (сборочной единицы), включая виды, разрезы и сечения, дающее полное представление о конструкции деталей, их расположении и взаимосвязи, о составных частях и сборочных единицах изделия, если такие имеются согласно спецификации;
- сборочные параметры, методы и точность их обеспечения;
- номера позиций всех деталей, составных частей и сборочных единиц согласно спецификации;
- габаритные размеры изделия, равно как и любые другие размеры, необходимые для дальнейшей работы с этим изделием;
- технические требования на сборку изделия.

Курсовой проект по разработке механосборочного процесса называют комплексным, так как заданная сборочная единица состоит из деталей, которые необходимо изготовить, применяя различные методы обработки, среди которых кроме механической обработки может быть сварка, пайка, обработка давлением, клепка, склеивание и др.

Методика работы над таким проектом и его структура не отличаются от проекта по механической обработке, но его содержание будет иметь существенные отличия. При проектировании особое внимание обращают на следующее.

1. При изучении конструкции сборочной единицы, детали которой предстоит обрабатывать механическими методами, а затем их соединять и скреплять в изделие, необходимо четко представить конструкцию каждой детали в отдельности, методы обработки этих деталей и методы их соединения и скрепления.

2. В комплексных заданиях часто встречаются изделия, включающие в себя детали в форме оболочек из листового материала. Такие детали изготавливают методами вытяжки, выдавливания или гибки с последующей сваркой. Поэтому при анализе сборочного чертежа изделия обращают внимание на оформление переходов от одной поверхности детали к другой. Они должны быть плавными и оформлены по радиусу, величина которого должна быть не меньше трех толщин листового материала.

3. При сложной конструкции оболочки их делают из нескольких частей, а затем скрепляют между собой методом сваривания материала в зоне стыка деталей. В этом случае обращают внимание на форму соединяемых частей тонкостенной оболочки, место сварки и направление сварных швов. Толщина материала в местах сварки двух деталей должна быть примерно одинаковой, а вид сварки и расположение сварных швов определяют не только возможность применения автоматической сварки, но и вероятность прогара материала в местах сварки.

4. При анализе сборочного чертежа особое внимание обращают на материал изготовления каждой детали изделия. В данном случае к материалу детали помимо прочности предъявляются требования или хорошей обрабатываемости резанием, или хорошей обрабатываемости давлением, или хорошей свариваемости. Технические условия на изготовление изделия должны дать полную информацию по точности деталей и точности сборки, качеству соединений и методам их испытаний, например контроль герметичности сварного соединения.

5. При определении вида производства ориентируются на наиболее трудоемкие процессы (процессы механической обработки). При этом следует четко определить, в каком состоянии должна поступать на сборку каждая деталь и какой вид обработки необходимо проводить после сборки. Суть этого вопроса заключается в том, что в процессе сварки или пайки возможны искажения формы деталей, для устранения которых потребуются механическая обработка после их скрепления.

6. Выбор заготовки для деталей, изготавливаемых методами механической обработки, аналогичен рассмотренному выше. Для деталей, изготавливаемых методом давления из листовых материалов, форма

заготовки зависит от сложности отдельных элементов будущей детали. Как упоминалось в п. 3, при сложной конструкции оболочки для вырезки ее отдельных частей потребуются рациональный раскрой листового материала. При этом необходимо решить вопрос о том, для изготовления каких деталей будут использованы в качестве заготовок отходы листового материала, получающиеся после вырезки заготовок для данного изделия.

7. Операции по формообразованию деталей из листового материала и технологическое оборудование для их выполнения во многом зависят от соотношения размеров готовой детали. Заданная форма детали при вытяжке из листового материала может быть получена за одну или несколько операций. Их количество определяется коэффициентом вытяжки, представляющим собой отношение диаметра детали к диаметру заготовки (табл. П16.1). Детали простой формы получают за одну операцию в штампе или на трехвалковой машине. Детали более сложной формы получают за несколько операций штамповки, между которыми проводят термообработку для снятия внутренних напряжений, образовавшихся при штамповке.

8. Отверстия в деталях из листового материала обрабатывают механической обработкой после всех операций вытяжки, выдавливания или гибки и после термической обработки. Это исключит образование вредных остаточных напряжений в кромках отверстий.

9. Разработку операций технологического процесса деталей из листового материала начинают с определения размеров плоской заготовки, используя или метод равенства площадей детали и заготовки, или равенство объемов, или графоаналитический метод. Метод получения плоской заготовки определяется в основном годовой программой выпуска изделия. Наиболее производительным методом получения плоской заготовки является штамповка-вырубка. Однако затраты на изготовление штампа окупаются при большой программе выпуска изделий. При мелкосерийном производстве вырезать плоскую заготовку целесообразно виброножницами. Более точный ответ на этот вопрос даст экономический анализ вариантов выполнения операции по вырезке плоской заготовки.

10. Оборудование для штамповки — это гидравлические, фрикционные и другие прессы. Кроме того, применяют формование деталей взрывом, ротационным выдавливанием, электромагнитной штамповкой и др.

11. При проектировании технологического процесса особое внимание обращают на сборочные операции, которые должны обеспечить правильное взаимное положение собираемых и скрепляе-

мых деталей. Сборку и прихватку свариваемых деталей производят в специальных приспособлениях. Вначале устанавливают в приспособление и закрепляют базовую деталь. Затем устанавливают остальные детали и прихватывают их к базовой детали и между собой точечной или другой сваркой. Затем проверяют точность взаимного положения деталей.

12. Контроль геометрических параметров изделия после сварки аналогичен контролю деталей после механической обработки, исключая контроль качества сварного шва. Сварной шов должен быть прочным и в большинстве случаев — герметичным. Прочность сварного шва обеспечивается в основном хорошим технологическим процессом сварки и постоянством режимов сварки. Прочность и герметичность проверяют методом испытаний.

13. Для рассматриваемого случая в качестве технологической оснастки может быть спроектировано следующее:

- кондуктор для сверления отверстий или в отдельных деталях, или в изделии после сварки;
- штамп для вытяжки тонкостенной оболочки;
- приспособление для контроля взаимного положения поверхностей изделия после сварки;
- специальный режущий инструмент для обработки фасонного профиля или до сварки, или после сварки;
- установка для испытаний прочности или герметичности сварного шва.

Проект с элементами НИРС. Научное творчество студентов необходимо поддерживать и развивать. Одним из путей такой поддержки является предоставление возможностей студенту оформить все свои наработки по линии НИРС в единую работу — курсовой проект.

В этом случае на консультанта ложится особая ответственность в рациональной гармонизации результатов НИРС.

Некоторые темы дипломного проекта этого направления могут быть сформулированы следующим образом:

- разработка архитектуры учебного модуля для дистанционного (удаленного) изучения дисциплины «Технология машиностроения»;
- разработка архитектуры учебного модуля и программного обеспечения для дистанционного (удаленного) изучения дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация»;
- разработка комплекса программного обеспечения для автоматизированных технологических расчетов;

- разработка и создание учебного комплекса по автоматизированному самоконтролю выполнения практических работ по техническим или технологическим дисциплинам или отдельным разделам дисциплины «Технология машиностроения».

Графическая часть проекта в этом случае будет состоять из технологических эскизов, блок-схем, таблиц, математических формул, графиков и др.

В пояснительной записке необходимо:

- прокомментировать все материалы, вынесенные в графическую часть проекта, поместив их в записке на листах форматом А4;
- привести алгоритмы программ для ЭВМ;
- написать инструкцию по использованию разработанных материалов;
- указать области применения разработанных материалов;
- приложить всю (или фрагмент) распечатку программы для ЭВМ.

Практика показала, что при защите курсового проекта этого направления необходим большой экран или интерактивная доска для демонстрации результатов своей научно-исследовательской студенческой работы.

Примерная форма титульного листа пояснительной записки

ГОУ

Пояснительная записка

**к курсовому проекту по специальности
«Технология машиностроения»**

Студент _____ / _____ /

Группа _____

Руководитель проекта _____ / _____ /

Москва
20 ____

Примерная форма бланка задания на курсовой проект

Задание

на курсовое проектирование по дисциплине «Технология машиностроения» студенту _____ группы _____ на тему _____

Программа выпуска _____ шт./год

Начало проектирования « _____ » _____ 20__ г.

Конец проектирования « _____ » _____ 20__ г.

Содержание курсового проекта:

1. Технологический анализ рабочего чертежа детали или сборочного чертежа.
2. Проектирование заготовки для детали.
3. Разработка маршрутного технологического процесса.
4. Составление операционных эскизов.
5. Разработка двух разнотипных операций с оформлением операционных карт.
6. Разработка эскизов наладки двух разнотипных операций (см. п. 5).
7. Проектирование специального станочного приспособления для детали.
8. Разработка режущего инструмента.
9. Разработка контрольно-измерительного приспособления.
10. Составление пояснительной записки.

Состав графической части проекта:

1. Рабочий чертеж детали (или сборочный чертеж).
2. Рабочий чертеж заготовки для детали.
3. Сборочный чертеж специального станочного приспособления для детали (или сборочного приспособления).
4. Эскизы двух наладок.
5. Рабочий чертеж режущего (или сборочного) инструмента.
6. Чертеж контрольно-измерительного приспособления (или схема измерения).

Отзыв консультанта проекта

Работа студента _____ над курсовым проектом заслуживает оценки _____

Консультант проекта преподаватель _____ / _____ /
« _____ » _____ 20__ г.

Единицы измерения физических величин

Физическая величина	Единица измерения	
	Наименование	Обозначение
<i>Основные единицы физических величин</i>		
Длина	Метр	м
Масса	Килограмм	кг
Время	Секунда	с
Температура	Кельвин	К
	Градус Цельсия	°С
Сила тока	Ампер	А
<i>Дополнительные единицы физических величин</i>		
Плоский угол	Радян	рад
Телесный угол	Стерadian	ст. рад
<i>Производные единицы физических величин</i>		
Площадь	Квадратный метр	м ²
Объем	Кубический метр	м ³
Скорость	Метр в секунду	м/с
Ускорение	Метр на секунду в квадрате	м/с ²
Угловая скорость	Радян в секунду	рад/с
Частота вращения	Секунда в минус первой степени	с ⁻¹
Плотность	Килограмм на кубический метр	кг/м ³
Сила	Ньютон	Н
Удельный объем	Кубический метр на килограмм	м ³ /кг
Удельный вес	Ньютон на кубический метр	Н/м ³
Момент силы	Ньютон-метр	Н·м
Давление	Паскаль	Па

Физическая величина	Единица измерения	
	Наименование	Обозначение
Механическое напряжение	Паскаль	Па
Мощность	Ватт	Вт
Работа	Джоуль	Дж

Правила оформления графической части курсового проекта

Таблица П4.1. Типы линий чертежа






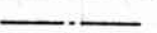

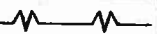
Наименование линии	Начертание линии	Толщина линии	Основное назначение
Сплошная основная		$s = 0,6 \dots 1,5 \text{ мм}$	Линии видимого контура
Сплошная тонкая		От $s/3$ до $s/2$	Линии штриховки, размерные, выносные
Сплошная волнистая		От $s/3$ до $s/2$	Линии обрыва изображения
Штриховая		От $s/3$ до $s/2$	Линии невидимого контура
Штрихпунктирная тонкая		От $s/3$ до $s/2$	Линии осевые и центровые
Штрихпунктирная утолщенная		От $s/2$ до $2/3s$	Для обозначения поверхностей, подлежащих термической обработке или покрытию
Разомкнутая		От s до $3/2s$	Линии, обозначающие плоскости сечений или разрезов
Сплошная тонкая с изломом		От $s/3$ до $s/2$	Линии обрыва изображения длинных деталей

Таблица П4.2. Графические обозначения некоторых материалов в разрезах и сечениях


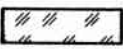
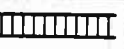
Обозначаемый материал	Металлы и их сплавы	Пластмассы и другие неметаллы	Стекло	Дерево вдоль волокон	Сетка
Графическое обозначение					

Таблица П4.3. Примеры обозначения шероховатости на чертеже

При достаточном месте на чертеже для обозначения	При недостатке места на чертеже для обозначения	В неудобных для обозначения местах

Таблица П4.4. Примеры нанесения размерного числа

Вариант	1	2	3	4	5
Способ изображения числа на чертеже					

Таблица П4.5. Примеры вычерчивания стрелок

Вариант	1	2	3	4	5
Способ вычерчивания					

Таблица П4.6. Условные обозначения отклонения формы поверхностей

Наименование отклонения	Условный знак	Пример нанесения отклонения
Отклонение от плоскостности		
Отклонение от прямолинейности		
Отклонение от цилиндричности		

Окончание табл. П4.6

Наименование отклонения	Условный знак	Пример нанесения отклонения
Отклонение от круглости		
Отклонение профиля продольного сечения цилиндра		

Таблица П4.7. Условные обозначения отклонения расположения поверхностей

Наименование отклонения	Условный знак	Пример нанесения отклонения
Отклонение от параллельности		
Отклонение от перпендикулярности		
Отклонение от соосности		
Отклонение от симметричности		
Торцевое биение		
Радиальное биение		
Отклонение от пересечения осей		

Таблица ПД.8. Условные обозначения опор, зажимов и установочных устройств

Наименование	Обозначение	Зажимы и центры		Наименование	Обозначение	Патроны и оправки	
		Наименование	Обозначение			Наименование	Обозначение
Неподвижная опора (или люнет)		Зажим односторонний (механический)		Патрон трехкулачковый с механическим зажимом		Патрон (или оправка) гидропластмассовая	
Подвижная опора (или люнет)		Центр плавающий		Патрон трехкулачковый пневматический		Патрон (или оправка) гидропластмассовая	
Плавающая опора		Центр жесткий		Патрон (или оправка) гидродпластмассовая		Патрон (или оправка) гидродпластмассовая	
Регулируемая опора		Центр вращающийся		Патрон цанговый		Патрон (или оправка) гидродпластмассовая	
Неподвижная опора с призматической поверхностью		Центр рифленый		Оправка цилиндрическая гладкая		Патрон (или оправка) гидродпластмассовая	

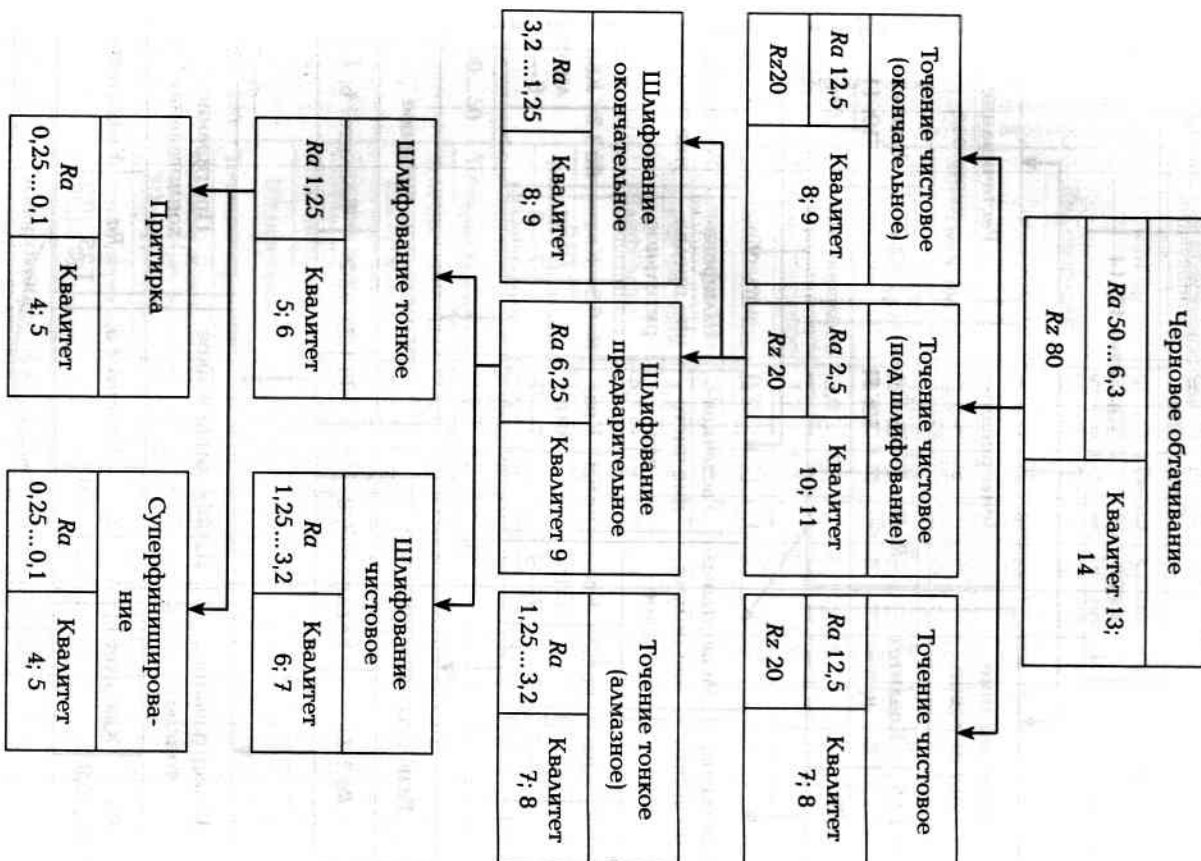
ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Допуски в системе отверстия на наружные размеры по ЕСДП (ГОСТ 25347-82)

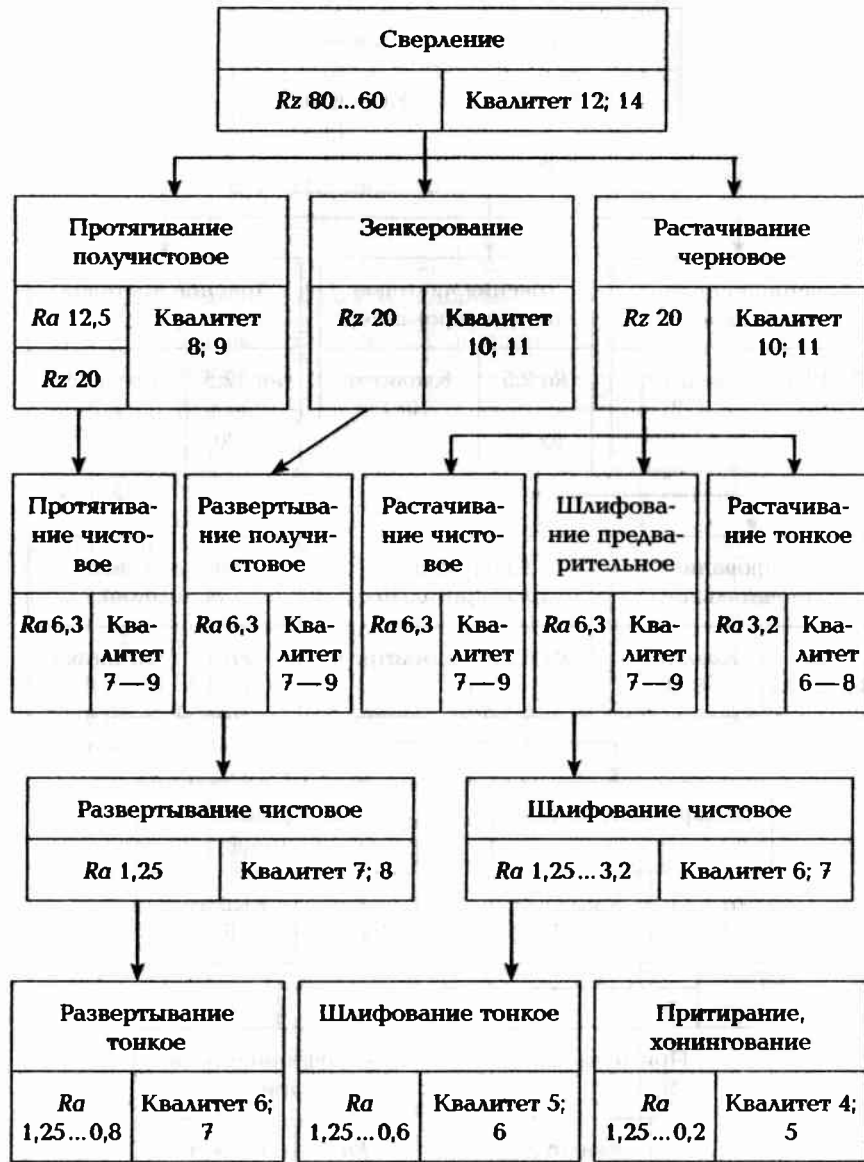
Интервалы размеров, мм	Квалитеты и поля допусков														
	h8	u8	f8	d8	x8	h9	d9	f9	h10	h11	a11	c11	h12	Js12	Js14
	Предельные отклонения, мкм														
От 1 до 3	0 -14	+32 +18	-6 -20	-20 -34	+34 +20	0 -25	-20 -45	-6 -31	0 -40	0 -60	-270 -330	-60 -120	0 -100	+50 -50	+125 -125
Свыше 3 до 6	0 -18	+41 +23	-10 -28	-30 -48	+46 +28	0 -30	-30 -60	-10 -40	0 -48	0 -75	-270 -345	-70 -145	0 -120	+60 -60	+150 -150
Свыше 6 до 10	0 -22	+50 +28	-13 -35	-40 -52	+56 +34	0 -36	-40 -76	-13 -49	0 -58	0 -90	-280 -370	-80 -170	0 -150	+75 -75	+180 -180
Свыше 10 до 14	0	+60	-16	-50	+67	0	-50	-16	0	0	-290	-95	0	+90	+215
Свыше 14 до 18	-27	+23	-43	-77	+45	-43	-93	-59	-70	-110	-400	-205	-180	-90	-215
Свыше 18 до 24	0	+74	-20	-65	+87	0	-65	-20	0	0	-300	-110	0	+105	+260
Свыше 24 до 30	-33	+48	-53	-99	+64	-52	-117	-72	-84	-130	-430	-240	-210	-105	-260
Свыше 30 до 40	0	+99	-25	-80	+119	0	-80	-25	0	0	-310	-120	0	+125	+310
Свыше 40 до 50	-39	+70	-64	-119	+97	-62	-142	-87	-100	-160	-480	-290	-250	-125	-310

Интервалы размеров, мм	Квалитеты и поля допусков														
	h8	u8	f8	d8	x8	h9	d9	f9	h10	h11	a11	c11	h12	Js12	Js14
	Предельные отклонения, мкм														
Свыше 50 до 65	0	+133	-30	-100	+158	0	-100	-30	0	0	-340	-140	0	+150	+370
Свыше 65 до 80	-46	+102	-75	-146	+146	-74	-174	-104	-120	-190	-550	-340	-300	-150	-370
Свыше 80 до 100	0	+178	-36	-120	+264	0	-120	-36	0	0	-380	-170	0	+175	+435
Свыше 100 до 120	-54	+144	-90	-174	+210	-87	-207	-123	-140	-220	-630	-400	-350	-175	-435
Свыше 120 до 140	0	+233	-43	-145	+373	0	-145	-43	0	0	-460	-200	0	+200	+500
Свыше 140 до 160															
Свыше 160 до 180	-63	+210	-106	-208	+310	-100	-245	-143	-160	-250	-830	-480	-400	-200	-500
Свыше 180 до 200	0	+308	-50	-170	+497	0	-170	-50	0	0	-660	-240	0	+230	+575
Свыше 200 до 250	-72	+284	-122	-242	+425	-115	-285	-165	-185	-290	-820	-570	-460	-230	-575

Примерные маршруты получения параметров наружных цилиндрических поверхностей



Примерные маршруты получения параметров внутренних цилиндрических поверхностей



Операционные припуски и допуски

Таблица П8.1. Операционные припуски на обработку наружных цилиндрических поверхностей

Номинальный диаметр обрабатываемой поверхности, мм	Вид операции	Расчетная длина обработки, мм					
		До 25	25...63	63...100	100...160	160...250	250...400
		Припуск на диаметр, мм					
До 5	Точение черновое	2,5	2,5	2,5	3	3,5	—
	Точение чистовое	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Шлифование	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	0,4
6...10	Точение черновое	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,3
	Точение чистовое	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5
	Шлифование	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	0,4
10...18	Точение черновое	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5
	Точение чистовое	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5
	Шлифование	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
18...30	Точение черновое	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	Шлифование	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
30...50	Точение черновое	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0
	Шлифование	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
50...80	Точение черновое	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0
	Шлифование	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
80...120	Точение черновое	5,0	5,0	5,0	5,0	6,0	7,0
	Точение чистовое	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	Шлифование	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
120...200	Точение черновое	6,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,0
	Точение чистовое	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5
	Шлифование	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6

Таблица П8.2. Припуски на чистовое подрезание торцов и уступов

Диаметр заготовки, мм	Общая длина заготовки, мм					
	до 18	18...50	50...120	120...260	260...500	свыше 500
	Операционные припуски, мм					
До 30	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2
30...50	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2
50...120	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3
120...300	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5

Таблица П8.3. Операционные припуски на обтачивание

Интервалы диаметров обрабатываемых поверхностей, мм	Черновое обтачивание	Чистовое обтачивание				
		Заготовка без термообработки		Заготовка с термообработкой		
	Длина, мм					
	До 200	200...400	До 200	200...400	До 200	200...400
Припуск на диаметр, мм						
3...6	—	—	0,5	—	0,8	—
6...10	1,5	1,7	0,8	1,0	1,0	1,3
10...18	1,5	1,7	1,0	1,3	1,3	1,5
18...30	2,0	2,2	1,3	1,3	1,3	1,5
30...50	2,0	2,2	1,4	1,5	1,5	1,9
50...80	2,3	2,5	1,5	1,8	1,8	2,0
80...120	2,5	2,8	1,5	1,8	1,8	2,0
120...180	2,5	2,8	1,8	2,0	2,0	2,3
180...260	2,8	3,0	2,0	2,3	2,3	2,5
260...360	3,0	3,3	2,0	2,3	2,3	2,5

Таблица П8.4. Операционные припуски на фрезерование плоскостей

Толщина заготовки, мм	Черновое фрезерование после грубого						Чистовое фрезерование после черного					
	Ширина фрезерования, мм											
	до 200			200...400			до 200			200...400		
	Длина фрезерования, мм											
	До 100	Свыше 100 до 250	Свыше 250 до 400	До 100	Свыше 100 до 250	Свыше 250 до 400	До 100	Свыше 100 до 250	Свыше 250 до 400	До 100	Свыше 100 до 250	Свыше 250 до 400
Припуск на толщину, мм												
6...30	1,0	1,2	1,5	1,2	1,5	1,7	1,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
30...50	1,0	1,5	1,7	1,5	1,5	2,0	1,0	1,0	1,2	1,0	1,2	1,2
Свыше 50	1,5	1,7	2,0	1,7	2,0	2,5	1,0	1,3	1,5	1,3	1,5	1,5

Таблица П8.5. Рекомендуемые припуски на шлифование плоскостей

Толщина заготовки, мм	Шлифование периферией круга						Шлифование торцом круга											
	Шлифование после термообработки																	
	Окончательное шлифование						Черновое			Чистовое								
	Ширина заготовки, мм																	
	до 200 мм	200...400	до 200 мм	200...400	до 200 мм	200...400	до 200 мм	200...400	до 200 мм	200...400	до 200 мм	200...400						
Длина шлифования, мм																		
До 100	Свыше 100 до 250	Свыше 250 до 400	До 100	Свыше 100 до 250	Свыше 250 до 400	До 100	Свыше 100 до 250	Свыше 250 до 400	До 100	Свыше 100 до 250	Свыше 250 до 400							
Припуск на шлифование, мм																		
Свыше 6 до 30	0,3	0,3	—	0,3	—	—	0,2	0,2	—	0,2	—	—	0,1	0,1	—	0,1	—	—
Свыше 30 до 50	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Свыше 50	0,5	0,5	—	0,5	—	—	0,3	0,3	—	0,3	—	—	0,2	0,2	—	0,2	—	—

Таблица П8.6. Операционные припуски на наружное шлифование

Интервалы диаметров, мм	Вариант 1	Вариант 2		Вариант 3		Допуски, мм	
	Окончательное шлифование после термической обработки	Шлифование после термической обработки		Черновое шлифование до термической обработки	Чистовое шлифование после термической обработки	Чистовое обтачивание под шлифование без термической обработки	Черновое шлифование после термической обработки
		черновое	чистовое				
Припуск на диаметр, мм							Допуск, мм
3...6	0,2	0,15	0,05	—	—	—0,08	
6...10	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	-0,10	-0,03
10...18	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	-0,12	-0,035
18...30	0,3	0,2	0,1	0,3	0,4	-0,14	-0,045
30...50	0,4	0,3	0,1	0,3	0,4	-0,17	-0,05
50...80	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5	-0,20	-0,06
80...120	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5	-0,23	-0,07
120...180	0,8	0,5	0,3	0,5	0,8	-0,26	-0,08
180...260	0,8	0,5	0,3	0,5	0,8	-0,30	-0,09
260...360	0,8	0,5	0,3	0,5	0,8	-0,34	-0,10

Таблица П8.7. Операционные припуски и допуски на внутреннее шлифование

Интервалы диаметров, мм	Вариант обработки 1	Вариант обработки 2		Вариант обработки 3		Черновое шлифование после термообработки
	Окончательное шлифование	Шлифование после термообработки		Черновое шлифование до термообработки	Чистовое шлифование после термообработки	
		Черновое	Чистовое			
Припуск на диаметр, мм						Допуск, мм
3...6	0,2	—	0,1	0,2	—	—
6...10	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	+0,035

Окончание табл. П8.7

Интервалы диаметров, мм	Вариант обработки 1	Вариант обработки 2		Вариант обработки 3		Черновое шлифование после термообработки
	Окончательное шлифование	Шлифование после термообработки		Черновое шлифование до термообработки	Чистовое шлифование после термообработки	
		Черновое	Чистовое			
Припуск на диаметр, мм						Допуск, мм
10...18	0,3	0,2	0,1	0,3	0,3	+0,045
18...30	0,3	0,2	0,1	0,3	0,4	+0,05
30...50	0,4	0,3	0,1	0,3	0,4	+0,06
50...80	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5	+0,07
80...120	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5	+0,08

Таблица П8.8. Рекомендуемые припуски на тонкое растачивание

Окончательный диаметр обработки, мм	Припуск на диаметр при тонком растачивании, мм								Точность (допуск) обработки на предыдущей операции, мм	
	Заготовок из алюминия		Заготовок из баббита		Заготовок из бронзы и чугуна		Заготовок из стали			
	Предварительном	Окончательном	Предварительном	Окончательном	Предварительном	Окончательном	Предварительном	Окончательном	Подготовительное растачивание перед тонким растачиванием	Предварительное чистовое растачивание перед окончательным
До 30	0,2	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	+0,084	+0,04
30...50	0,3	0,1	0,4	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	+0,10	+0,05
50...80	0,4	0,1	0,5	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	+0,12	+0,06
80...120	0,4	0,1	0,5	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	+0,14	+0,07
120...180	0,5	0,1	0,6	0,1	0,4	0,1	0,3	0,1	+0,15	+0,08

Таблица П8.9. Операционные припуски и допуски на зенкерование

Интервалы диаметров, мм	Припуск на зенкерование, мм	Допуск на диаметр отверстия, мм
10...18	0,8	+0,12
18...30	1,2	+0,14
30...50	1,5	+0,17

Таблица П8.10. Операционные припуски и допуски на развертывание

Интервалы диаметров, мм	Припуск на развертывание, мм			Допуск на диаметр, мм
	Развертывание	Черновое развертывание	Чистовое развертывание	Черновое развертывание
3...6	—	0,15	0,05	+0,025
6...10	0,2	0,2	0,1	+0,030
10...18	0,2	0,2	0,1	+0,035
18...30	0,3	0,2	0,1	+0,045

Таблица П8.11. Операционные припуски и допуски на растачивание

Интервалы диаметров, мм	Растачивание	Чистовое растачивание	Черновое растачивание	Чистовое растачивание
	Припуск на диаметр, мм		Допуск на диаметр, мм	
3...6	—	—	—	—
6...10	—	—	+0,10	—
10...18	0,8	0,5	+0,12	+0,070
18...30	1,2	0,8	+0,14	+0,084
30...50	1,5	1,0	+0,17	+0,10
50...80	2,0	1,0	+0,20	+0,12
80...120	2,0	1,3	+0,20	+0,14
120...180	2,0	1,5	+0,26	+0,16

Таблица П8.12. Точность отверстий, получаемых сверлением

Интервалы диаметров, мм	Сверление	Сверление по кондуктору
	Допуски на диаметр отверстия, мм	
3...6	+0,16	+0,08
6...10	+0,20	+0,10
10...18	+0,24	+0,12
18...30	+0,28	+0,14
30...50	+0,34	+0,17
50...80	+0,40	—

Таблица П8.13. Допуски и операционные припуски на развертывание

Интервалы диаметров, мм	Припуск на диаметр, мм			Допуск на диаметр, мм
	Развертывание	Черновое развертывание	Чистовое развертывание	Черновое развертывание
3...6	—	0,15	0,05	+0,025
6...10	0,2	0,2	0,1	+0,030
10...18	0,2	0,2	0,1	+0,035
18...30	0,3	0,2	0,1	+0,045

Таблица П8.14. Допуски и операционные припуски на зенкерование

Диаметр, мм	Припуск на зенкерование, мм	Допуск на диаметр отверстия, мм
10...18	0,8	+0,12
18...30	1,2	+0,14
30...50	1,5	+0,17

Таблица П8.15. Допуски и операционные припуски на растачивание

Интервалы диаметров, мм	Черновое растачивание	Чистовое растачивание	Черновое растачивание	Чистовое растачивание
	Припуск на диаметр, мм		Допуск на диаметр, мм	
3...6	—	—	—	—

Интервалы диаметров, мм	Черновое растачивание	Чистовое растачивание	Черновое растачивание	Чистовое растачивание
	Припуск на диаметр, мм		Допуск на диаметр, мм	
6...10	—	—	+0,10	—
10...18	0,8	0,5	+0,12	+0,070
18...30	1,2	0,8	+0,14	+0,084
30...50	1,5	1,0	+0,17	+0,10
50...80	2,0	1,0	+0,20	+0,12
80...120	2,0	1,3	+0,20	+0,14
120...180	2,0	1,5	+0,26	+0,16

Временные показатели технологических операций

Таблица П9.1. Вспомогательное время при работе на токарных и шлифовальных станках, мин

Способ установки заготовки	Масса заготовки, кг						
	0,5	1	3	5	8	12	20
В центрах с хомутиком	—	0,35	0,44	0,54	0,64	0,91	1,12
В центрах с люнетом	—	0,44	0,5	0,64	0,78	0,91	1,12
На гладкой оправке	—	0,42	0,53	0,67	0,79	0,91	1,1
На оправке с гайкой	0,48	0,53	0,61	0,7	0,75	0,8	0,86
В патроне без выверки	0,18	0,2	0,22	0,27	0,33	0,38	0,39
В патроне с выверкой	—	0,4	0,47	0,56	0,63	0,70	0,84
В патроне с люнетом	—	0,4	0,41	0,53	0,60	0,67	0,78
На магнитном столе	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4

Таблица П9.2. Вспомогательное время при работе на фрезерных станках, мин

Способ установки заготовки	Масса заготовки, кг		
	0,5	3	5
В тисках с эксцентриковым зажимом	0,9	0,11	0,16
В тисках с рукояткой	0,12	0,19	0,21
В тисках с воротком	0,14	0,21	0,24
С применением механизированного зажима	0,06	0,09	0,11
С закреплением прихватами и гаечным ключом в специальном приспособлении	0,12	0,15	0,23

Таблица П9.3. Время на техническое и организационное обслуживание и на физические потребности

Тип металлообрабатывающего станка	Время технического обслуживания, % от основного времени	Время на физические потребности, % от оперативного времени	Суммарное время (техническое и организационное обслуживание и на физические потребности), % от оперативного времени
Токарный с высотой центров, мм:			
200	2,5	2,5	4,6
300	3,0	3,0	5,0
400	3,5	3,5	5,3
Револьверный с диаметром отверстия шпинделя, мм:			
22	2,5	1,5	4,7
60	3,0	1,6	5,1
110	3,5	1,7	5,4
Вертикально-сверлильный с наибольшим диаметром обрабатываемого отверстия, мм:			
35	1,0	1,0	3,5
55	1,0	1,1	3,6
Радиально-сверлильный с наибольшим диаметром обрабатываемого отверстия, мм:			
35	1,0	1,2	3,7
55	1,0	1,4	3,9
Горизонтально-фрезерный с длиной стола, мм:			
1 000	1,5	1,2	4,0
1 500	2,0	1,5	4,5

Окончание табл. П9.3

Тип металлообрабатывающего станка	Время технического обслуживания, % от основного времени	Время на физические потребности, % от оперативного времени	Суммарное время (техническое и организационное обслуживание и на физические потребности), % от оперативного времени
Вертикально-фрезерный с длиной стола, мм:			
1 000	1,5	1,2	4,0
1 500	2,0	1,5	4,5
Круглошлифовальный с высотой центров, мм:			
200	6,0	1,7	6,7
300	7,0	2,2	7,7
Внутришлифовальный с наибольшим диаметром шлифуемого отверстия, мм:			
200	6,0	2,2	2,7
400	7,0	2,7	8,2
Плоскошлифовальный с длиной стола, мм:			
1 000	2,0	1,7	4,7
1 500	2,5	1,9	5,1
Протяжной	2	1,4	4,4
Центровочный	2	1,2	4,2
Зуборезный	3	1,7	5,2

Таблица П9.4. Подготовительно-заключительное время при работе на токарных станках

Способ установки обрабатываемой заготовки	Высота центров станка, мм			
	200	400	600	800
	Подготовительно-заключительное время, мин			
В центрах станка или на центровой оправке	4	5,8	6,8	8,6
В самоцентрирующем трехкулачковом патроне	6...7	6,6...8,1	8,8...10,8	12,1...14,7
На планшайбе в приспособлении	10	11,2	14,1	19,1
На планшайбе с креплением болтами	5,0	5,7	7,8	11,1
В цанговом патроне с затяжной гайкой	4,8	5,8	6,5	7,9
На концевой оправке	3,0	3,6	3,8	—
Наладка станка для нарезания резьбы	До 2	До 3	До 4	До 5

Таблица П9.5. Подготовительно-заключительное время при работе на фрезерных станках, мин

Наименование приспособления для детали	Длина стола станка, мм	
	700	1200
Тиски, закрепленные на столе станка	8,9	11
Центры с делительным приспособлением	12,4	13,7
Центры с оправкой и делительным приспособлением	12,3	13,9
Трехкулачковый патрон	10,2	11,2
Трехкулачковый патрон с центром задней бабки	10,7	11,8
Цанговый патрон с делительным приспособлением	10,0	11,0
Специальное приспособление (без выверки)	11	12,3

Таблица П9.6. Подготовительно-заключительное время при работе на круглошлифовальных станках

Способ установки заготовки	Высота центров, мм		
	150	250	
	Время, мин		
В центрах или на оправке в центрах	7,0	8,0	
В самоцентрирующем патроне	10,0	11,0	
В самоцентрирующем патроне и люнете	12,0	14,0	
В четырехкулачковом патроне и люнете	14,0	16,0	
На магнитном столе	6		
<i>Величина добавления времени в следующих случаях</i>			
Расшлифовка кулачков патрона	Диаметр патрона: до 200 мм	6,0	8,0
	свыше 200 мм	8,0	10,0
Установка и снятие цангового патрона	1,0	1,2	
Установка и снятие приспособления:			
без выверки	1,5	2,0	
с выверкой	2,5	4,0	
Установка дополнительного люнета:			
открытого типа	2,5	3,0	
закрытого типа	2,0	2,8	
Смена шлифовального круга	6,0	8,0	
Правка шлифовального круга:			
один диаметр	1,0	1,5	
один торец	1,5	2,0	
один радиус	0,5	0,5	
Смена кулачков:			
трехкулачковый патрон	1,5	2,0	
четырекулачковый патрон	2,5	3,5	
Настройка скобы для активного контроля	10	10	

Технические характеристики технологического оборудования и материалов

Таблица П10.1. Краткие технические характеристики некоторых станков

Модель станка	Размеры обрабатываемой заготовки, мм		Число скоростей	Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	Подача, мм/мин	Число подач	Мощность, кВт	Масса, т	Габаритные размеры, м
	Диаметр (сечение)	Длина							
<i>Станки токарные и токарно-винторезные</i>									
1М61	320	710	24	12,5...1600	0,8...1,9	—	4,0	1,26	2,05×2
16К20	400	1000	23	12,5...1600	0,05...2,8	42	10	2,84	2,5×1,19
<i>Станки токарно-револьверные</i>									
1Е316П	18	100	14	100...400	0,03...0,18	—	8,0	1,26	4,02×0,92
1Г340ПЦ	40	100	12	45...2000	—	—	6,2	3,46	2,9×1,15
<i>Станки вертикально-сверлильные</i>									
2Г125	25	200	—	63...2000	0,1...1,6	9	2,2	0,78	0,73×0,91
2Н135Б	35	500	12	31,5...1400	0,1...1,6	9	4,0	3,75	1,7×1,03
2Н150	50	300	12	22,4...1000	0,05...2,24	12	7,5	1,87	2,93×0,89

<i>Станки центральные и фрезерно-центральные</i>									
2А931	125	70...500	—	500...2000	0,01...0,16	—	4,4	39	2×1,05
2982	25...80	250...1000	—	—	—	—	26,81	8,6	4×4,15
<i>Станки круглошлифовальные</i>									
3М151	200	700	—	50...500	0,05...5,0	—	10,0	5,6	4,98×2,24
<i>Станки внутршлифовальные</i>									
3К225В	3...25	50	—	280...2000	1...7	—	0,76	2,8	2,23×1,78
3К227В	20...100	125	—	60...1200	1...7	—	4,0	4,3	2,82×1,9
<i>Станки бесцентрово-шлифовальные</i>									
3М182	0,8...75	170	—	17...150	—	—	7,5	3,47	2,23×1,46
<i>Станки плоскошлифовальные с прямоугольным столом</i>									
3Д722	320	1250	—	1460	300...1260	—	15,0	8,7	4,01×2,13
3Д732	320	800	—	1460	300...1230	—	22,0	8,2	4,01×2,13
<i>Станки плоскошлифовальные с круглым столом</i>									
3Е756	800	450	—	1000	5...30	—	55,0	10,1	2,8×2,5
<i>Станки резьбошлифовальные</i>									

Модель станка	Размеры обрабатываемой заготовки, мм		Число скоростей	Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	Подача, мм/мин	Число подач	Мощность, кВт	Масса, т	Габаритные размеры, м
	Диаметр (сечение)	Длина							
5K821B	2...95	270	—	0,3...55	—	—	3,0	4,85	1,8×1,9
5K823B	30...320	950	—	0,11...33	—	—	5,5	8,7	3,78×2,51
<i>Станки зубофрезерные для цилиндрических колес</i>									
5304П	80/ <i>m</i> = 1,5	—	—	200...1250	0,1...1,6	—	1,5	2,48	1,21×1,2
5K301П	125/ <i>m</i> = 2,5	—	—	100...500	0,35...45	—	2,2	1,84	1,32×1,12
<i>Станки зубодолбежные для цилиндрических колес</i>									
5111	80/ <i>m</i> = 1	20	—	250...1600	0,25...1,6	—	1,1	1,77	1,64×1,09
5122	200/ <i>m</i> = 5	50	—	200...850	0,16...1,6	—	2,8	4,4	2×1,45
<i>Станки горизонтально-фрезерные консольные</i>									
6P81Г	(250×1000)	50...410	18	50...1600	35...1020	—	5,5	2,21	1,48×1,99
6P82Г	(320×1250)	30...450	18	31,5...1600	35...1250	18	7,5	2,83	2,31×1,95
<i>Станки вертикально-фрезерные консольные</i>									
6P11	(250×1000)	50...410	18	50...1600	35...1020	—	5,5	2,36	1,48×1,99

Таблица П10.2. Некоторые марки быстрорежущей стали

Марка	Прочность	Износостойкость	Шлифустойчивость материала	Вид изготавливаемого инструмента
P18	Удовлетворительная	Повышенная	Удовлетворительная	Все виды инструмента для обработки конструкционных материалов
P6M5	Повышенная	Повышенная	Удовлетворительная	Все виды инструмента для обработки конструкционных материалов
P18K5Ф2	Повышенная	Повышенная	Пониженная	Для обработки высокопрочных сталей и сплавов
P9K5	Повышенная	Повышенная	Ниже P18	Для обработки сталей и сплавов повышенной твердости и мягкости
P9K10	Повышенная	Повышенная	Ниже P18	Для обработки сталей и сплавов повышенной твердости и мягкости

Таблица П10.3. Области применения абразивных инструментов с различной зернистостью

Зернистость абразивного инструмента	Область применения
125; 100; 80	Ручное обдирочное шлифование штампованных и АБУ-тих заготовок Правка шлифовальных кругов
50; 63	Предварительное шлифование (Ra 2,5...0,63 мкм) Заточка крупных и средних резцов Отрезка материала
40; 32	Предварительное и чистовое шлифование (Ra 2,5...0,32 мкм) Заточка режущего инструмента

Зернистость абразивного инструмента	Область применения
25; 20; 16	Чистовое шлифование Профильное шлифование (Ra 1,25...0,16 мкм) Шлифование хрупких материалов
12; 10	Отделочное шлифование деталей (Ra 0,63...0,16 мкм) Предварительное хонингование Заточка режущих инструментов
8; 6	Чистовое и тонкое шлифование деталей из твердых сплавов Шлифование резьбы с мелким шагом Чистовое хонингование
M40—M5	Доводка особо точных деталей (Ra 0,16...0,02 мкм) Суперфиниширование Окончательное хонингование Шлифование резьбы с мелким шагом

Таблица П10.4. Приспособления для базирования заготовок при шлифовании

Способ установки	Область применения
<i>Круглое наружное шлифование</i>	
Вращающиеся центры	Для всех заготовок
Неподвижные центры	Шлифование точных деталей
Оправки с гидропластом	Шлифование втулок
<i>Бесцентровое шлифование</i>	
Опорный нож и ведущий круг: ось детали выше линии центров абразивных кругов Ось детали ниже линии центров абразивных кругов	Наружное шлифование коротких и жестких заготовок Наружное шлифование длинных заготовок со слегка искривленной осью
Опорный и прижимный ролик и ведущий круг	Внутреннее шлифование
<i>Внутреннее шлифование</i>	
Самоцентрирующий трехкулачковый патрон	Для всех деталей

Способ установки	Область применения
Цанговый патрон Мембранный патрон Магнитный патрон	Для всех деталей Точное центрирование нежестких заготовок Шлифование отверстий и плоскостей (торцов) в тонких заготовках типа колец и дисков
<i>Плоское шлифование</i>	
Магнитные плиты и столы Центры Синусная линейка Металлическая плита	Шлифование заготовок простой конфигурации Шлифование плоскостей (лысок) на цилиндрических заготовках Шлифование плоскостей, расположенных под углом к базовой плоскости или оси Шлифование немагнитных деталей, наклеенных на металлическую плиту

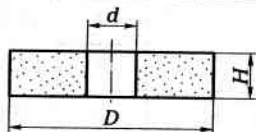
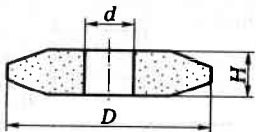
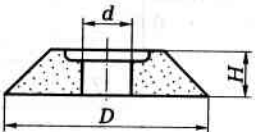
Таблица П10.5. Выбор характеристик шлифовальных кругов

Вид шлифования	Класс чистоты обработки	Обрабатываемый материал		
		Углеродистая сталь	Коррозионно-стойкая сталь	Чугун
Круглое наружное с продольной подачей	5	Э50СМ2К	Э50СМ1Б	КЧ50СМ1К
	6	Э40—50С1К	Э40—50СМ1Б	КЧ40—50СМ1К
	7	ЭБ40СМ2К	ЭБ40СМ2Б	КЧ50СМ1К
	8	ЭБ16—25С1К	ЭБ16—25СМ2Б	Э16—25СМ2К
Круглое наружное с радиальной подачей	5	Э50С1К	Э50СМ2Б	КЧ50СМ2К
	6	Э40—50СМ2К	Э40—50СМ2Б	КЧ40—50СМ2К
	7	ЭБ40С1К	ЭБ40С1Б	Э40С1К
	8	ЭБ16—25С2К	ЭБ16—25С1Б	Э16—25С1К
Бесцентровое с продольной подачей	5	Э50С1К	Э50СМ2Б	КЧ50СМ2К
	6	Э40—50С2К	Э40—50СМ2Б	КЧ40—50СМ2К
	7	ЭБ40С2К	ЭБ40С1Б	Э40С1К
	8	ЭБ16—25С1К	ЭБ16—25С1Б	Э16—25С2К

Вид шлифования	Класс чистоты обработки	Обрабатываемый материал		
		Углеродистая сталь	Коррозионно-стойкая сталь	Чугун
Внутреннее	5	Э50СМ2К	Э50СМ1К	КЧ50СМ1К
	6	Э40С1К	ЭБ40СМ2К	КЧ40СМ2К
	7	ЭБ25С2К	ЭБ25С1К	Э25СМ2К
	8	ЭБ16С2К	ЭБ16С1К	Э16С1К
Плоское периферией абразивного круга (стол прямоугольный)	5	Э50СМ2К	Э50М3К	Э50СМ2К
	6	Э40СМ2К	Э40М3К	Э40СМ2К
	7	Э25С1К	Э25СМ1К	Э25С1К
	8	ЭБ16С1К	Э16СМ1К	Э16С1К
Плоское торцом абразивного круга (стол прямоугольный)	5	Э50СМ1Б	Э50М2Б	Э50СМ2Б
	6	Э40СМ1	Э40М2Б	Э40СМ2Б
	7	Э25СМ2Б	Э25М3Б	Э25С1Б
	8	Э25СМ2Б	Э25М3Б	Э25С1Б

Примечание. Допустимая скорость вращения абразивного круга 35 м/с.

Таблица П10.6. Типы шлифовальных кругов общего назначения

Тип круга	Форма круга
ПП — прямого профиля	
2П — с двусторонним коническим профилем	
3П — с коническим профилем	

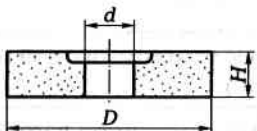
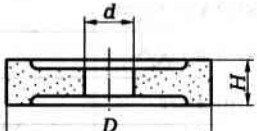
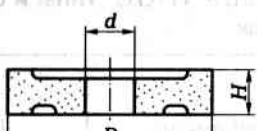
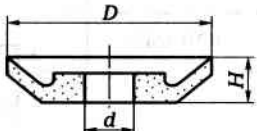
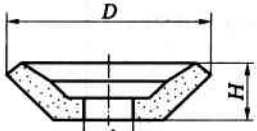
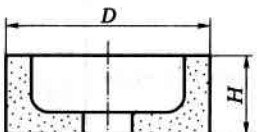
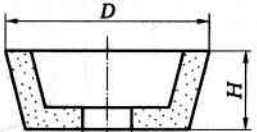
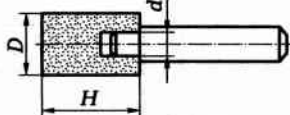
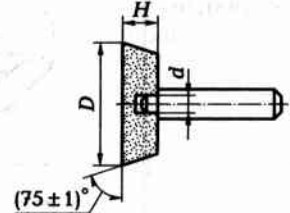
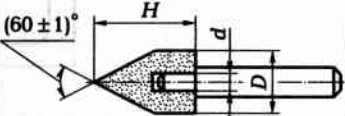
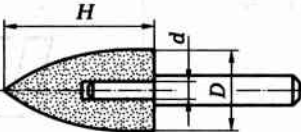
Тип круга	Форма круга
ПВ — с выточкой	
ПВД — с двусторонней выточкой	
ПВДС — с двусторонней выточкой и ступицей	
1Т — тарельчатые	
1ТП, 2ТП, ..., 7ТП — тарельчатые	
ЧЦ — чашечные	
ЧК — чашечные конические	

Таблица П10.7. Типы хладоносителей для охлаждения деталей

Хладоноситель	Возможная температура охлаждения детали при нормальном давлении, °C
Рабочее тело холодильной машины (фреон)	-100
Твердая углекислота (сухой лед)	-75
Жидкий кислород	-180
Жидкий воздух	-192
Жидкий азот	-195

Таблица П10.8. Типы и основные размеры шлифовальных головок

Тип головки	Форма инструмента	Основные размеры инструмента, мм		
		<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>
AW — цилиндрические		3...40	6...60	1...13
DW — угловые		12...40	6...10	6
EW — конические		10...32	25...50	3; 6
F-1W — сводчатые		6...38	10...50	2...10

Окончание табл. П10.8

Тип головки	Форма инструмента	Основные размеры инструмента, мм		
		<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>
KW — конические с закругленной вершиной		16...40	16...60	6; 13
F-2W — шаровые		10...32	—	3; 6
FW — цилиндрические со сферическим окончанием		16...25	20...32	6

Параметры резания и режимы обработки

Таблица П11.1. Скорости резания при точении и растачивании конструкционных сталей и сплавов резцами с пластинами из Т15К6

Предел прочности материала, МПа					Подача, мм/об, не более							
4,4...4,9	5,0...5,5	5,6...6,2	6,3...7,9	8,0...8,9								
Глубина резания, мм, не более												
1,4	—	—	—	—	0,25	0,54	0,97	1,27	1,65	2,15	—	
3	1,4	—	—	—	0,14	0,38	0,75	0,97	1,27	1,65	—	
7	3	1,4	—	—	—	0,25	0,54	0,75	0,97	1,27	2,15	
15	7	3	1,4	—	—	0,14	0,38	0,54	0,75	0,97	1,65	
—	15	7	3	1,4	—	—	0,25	0,38	0,54	0,75	1,27	
—	—	15	7	3	—	—	0,14	0,25	0,38	0,54	0,97	
—	—	—	15	7	—	—	—	0,14	0,25	0,38	0,75	
—	—	—	—	15	—	—	—	—	0,14	0,25	0,54	
Характер обработки					Скорость резания, м/мин							
Наружное продольное точение					417	330	260	231	205	182	144	
Растачивание до диаметра 500 мм					378	299	236	209	186	165	130	
Поперечное точение					518	409	323	287	255	227	188	

Таблица П11.2. Скорости резания при точении и растачивании сталей резцами из стали Р9 и Р18

Глубина резания, мм	Подача, мм									
1,4	0,16	0,26	0,34	0,44	0,58	0,76	1	1,3	—	
3,0	—	0,16	0,26	0,34	0,44	0,58	0,76	1	1,3	
6,0	—	—	0,16	0,26	0,34	0,44	0,58	0,76	1	
12	—	—	—	—	0,26	0,34	0,44	0,58	0,76	

Характер обработки	Скорость резания, м/мин								
	Наружное продольное точение	106	89	75	62	52	44	37	31
Растачивание	96	80	67	56	47	39	33	28	23
Поперечное точение	130	109	91	77	64	54	45	38	32

Таблица П11.3. Скорости резания при обработке конструкционных сталей концевыми фрезами из стали Р9 и Р18

Диаметр фрезы, мм	Число зубьев	Ширина обрабатываемого паза, мм	Глубина обрабатываемого паза, мм	Подача, мм/зуб фрезы			
				0,045	0,06	0,07	0,09
				Скорость резания, м/мин			
16	4	16	10...25	35	30,5	27	—
16	5	16	10...25	34	30	—	—
20	5	20	10...30	33,5	29,5	26,5	23
20	6	20	10...30	33	29	26	—

Таблица П11.4. Скорости резания при обработке конструкционных сталей и сплавов цилиндрическими фрезами с пластинами из сплава Т15К6

Диаметр фрезы, мм	Число зубьев	Ширина фрезерования, мм	Глубина фрезерования, мм	Подача, мм/зуб фрезы			
				0,12	0,16	0,22	0,3
				Скорость резания, м/мин			
80	8	20...80	2	255	233	214	195
			3	220	201	4	169
			4,4	190	174	160	145
			6,5	164	150	137	125
			9,5	141	129	118	108
90	4	20...80	2	276	252	231	211
			3	240	218	199	182
			4,4	205	288	172	157

Диаметр фрезы, мм	Число зубьев	Ширина фрезерования, мм	Глубина фрезерования, мм	Подача, мм/зуб фрезы			
				0,12	0,16	0,22	0,3
				Скорость резания, м/мин			
100	10	20...80	6,5	179	162	148	136
			9,5	154	141	129	118
			2	257	236	216	197
			3	222	203	186	170
			4,4	192	175	160	147
			6,5	165	151	138	127
			9,5	143	130	119	109

Таблица П11.5. Скорости резания при фрезеровании конструкционной стали цилиндрическими фрезами из стали Р9 и Р18

Диаметр фрезы, мм	Число зубьев	Ширина фрезерования, мм	Глубина фрезерования, мм	Подача, мм/зуб фрезы					
				0,05	0,1	0,13	0,18	0,24	0,33
				Скорость резания, м/мин					
75	8	12...40	3	62	54	49	43,9	38,5	—
			5	52	46,5	42	37	33	—
			8	45,5	40,5	36,5	32,5	28,5	—
		41...130	3	54	48,5	44	39	34	—
			5	46,5	41,5	38	33,5	29,5	—
			8	40,5	36	32,5	28,5	25,5	—
90	8	12...40	3	66	59	53	47,5	42	—
			5	57	51	46,5	41	36	—
			8	49,5	44	40,5	35,5	31	—
		41...130	3	59	52	48	42	37	—
			5	51	45	40,5	36	31,5	—
			8	44	39	35	31	27,5	—
110	10	12...40	3	71	63	57	51	44,5	40

Диаметр фрезы, мм	Число зубьев	Ширина фрезерования, мм	Глубина фрезерования, мм	Подача, мм/зуб фрезы						
				0,05	0,1	0,13	0,18	0,24	0,33	
				Скорость резания, м/мин						
			5	61	54	48,5	43,3	38,5	34	
			8	52	46,5	42,5	37,5	33	29,5	
			13	45,5	41	37	33	29	26	
			41...130	3	63	56	50	45	39,5	35
				5	54	48	43,5	38,5	34	30,5
				8	46,5	41,5	37,5	33	29,5	26,5
			13	41	36,5	33	29	26	23	

Таблица П11.6. Режимы тонкого обтачивания

Обрабатываемый материал	Режущий инструмент из алмаза			Режущий инструмент из твердого сплава		
	Скорость резания, м/мин	Продольная подача, мм/об заготовки	Глубина резания, мм	Скорость резания, м/мин	Продольная подача, мм/об заготовки	Глубина резания, мм
Силумин	350...500	0,02...0,08	0,06...0,30	200...400	0,02...0,08	0,05...0,45
Баббит	380...600	0,02...0,03	0,18...0,25	250...600	0,02...0,10	0,05...0,35
Бронза	330...500	0,02...0,05	0,10...0,25	250...500	0,02...0,10	0,05...0,25
Чугун серый	—	—	—	100...200	0,03...0,18	0,10...0,35
Сталь углеродистая	—	—	—	150...300	0,03...0,14	0,10...0,35

Таблица П.11.7. Режимы обработки при зубофрезеровании

Вид обработки	Скорость резания, м/мин	Подача фрезы, мм/об заготовки
Черновая обработка	20...25	1,5...2,0
Чистовая обработка	30...35	0,5...2,0

Таблица П11.8. Режимы обработки при зубодоблении

Вид обработки	Скорость резания, м/мин	Крутовая подача, мм/дв. ход долбёжка
Черновая обработка	12...18	0,25...0,5
Чистовая обработка	20...30	0,1...0,3

Таблица П11.9. Режимы резания при шлифовании валов методом радиальной подачи

Диаметр шлифуемой поверхности, мм	Длина шлифуемой поверхности, мм				Режимы резания					
	До 15		До 20		До 25		До 32			
	Скорость вращения заготовки, м/мин	Поперечная подача, мм/об заготовки	Скорость вращения заготовки, м/мин	Поперечная подача мм/об заготовки	Скорость вращения заготовки, м/мин	Поперечная подача, мм/об заготовки	Скорость вращения заготовки, м/мин	Поперечная подача, мм/об заготовки	Скорость вращения заготовки, м/мин	Поперечная подача, мм/об заготовки
До 25	16	0,002	15	0,0015	14	0,001	—	—	—	—
25...40	17	0,0025	16	0,002	15	0,0015	14	0,0010	—	—
40...63	18	0,003	17	0,0025	16	0,002	15	0,0015	—	—
63...80	—	—	18	0,003	17	0,0025	16	0,002	—	—
80...100	—	—	—	—	18	0,003	17	0,0025	—	—
10...125	—	—	—	—	—	—	—	—	18	0,003
125...160	—	—	—	—	—	—	—	—	19	0,004
160...200	—	—	—	—	—	—	—	—	20	0,005

Таблица П11.10. Подачи при предварительном (черновом) развёртывании отверстий развертками из быстрорежущей стали, мм/об

Обрабатываемый материал	Диаметр развертки, мм					
	До 10	10...15	10...15	10...15	10...15	10...15
Сталь	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
Чугун (менее 200 НВ) и медные сплавы	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,2
Чугун (свыше 200 НВ)	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6

Таблица П11.11. Подачи при сверлении чугуна, конструкционных сталей и цветных сплавов сверлами из быстрорежущей стали, мм/об

Диаметр сверла, мм	Сталь				Чугун и цветные сплавы	
	До 160 НВ	160...240 НВ	240...300 НВ	Свыше 300 НВ	До 170 НВ	Свыше 170 НВ
2...4	0,09...0,13	0,08...0,10	0,06...0,07	0,04...0,06	0,12...0,18	0,09...0,12
4...6	0,13...0,19	0,10...0,15	0,07...0,11	0,06...0,09	0,18...0,27	0,12...0,18
6...8	0,19...0,26	0,15...0,20	0,11...0,14	0,09...0,12	0,27...0,36	0,18...0,24
8...10	0,26...0,32	0,20...0,25	0,14...0,17	0,12...0,15	0,36...0,45	0,24...0,31
10...12	0,32...0,36	0,25...0,28	0,17...0,20	0,15...0,17	0,45...0,55	0,31...0,35
12...16	0,36...0,43	0,28...0,33	0,20...0,23	0,17...0,20	0,55...0,66	0,35...0,41
16...20	0,43...0,49	0,33...0,38	0,23...0,27	0,20...0,23	0,66...0,76	0,41...0,47
20...25	0,49...0,58	0,38...0,43	0,27...0,32	0,23...0,26	0,76...0,89	0,47...0,54

Таблица П11.12. Подачи при обработке отверстий зенкерами, мм/об

Обрабатываемый материал	Диаметр зенкера, мм					
	До 15	15...20	20...25	25...30	30...35	35...40
Сталь	0,5...0,6	0,6...0,7	0,7...0,9	0,8...1,0	0,9...1,1	0,9...1,2
Чугун (менее 200 НВ) и медные сплавы	0,7...0,9	0,9...1,1	1,0...1,2	1,1...1,3	1,2...1,5	1,4...1,7
Чугун (свыше 200 НВ)	0,5...0,6	0,6...0,7	0,7...0,8	0,8...0,9	0,9...1,1	1,0...1,2

Таблица П11.13. Продольные подачи при черновом растачивании на токарных и токарно-револьверных станках резцами с пластинами из быстрорежущей стали или твердого сплава

Размеры сечения резца или оправки, мм	Вылет резца или оправки, мм	Обрабатываемый материал						
		Сталь конструкционная			Чугун и медные сплавы			
		Глубина резания, мм						
		2	3	5	2	3	5	8
		Подачи, мм/об заготовки						
Ø10	50	0,08	—	—	0,12...0,16	—	—	—
Ø12	60	0,1	0,08	—	0,12...0,20	0,12...0,18	—	—
Ø16	80	0,1...0,25	0,15	0,1	0,20...0,30	0,15...0,25	0,1...0,18	—
Ø20	100	0,5...0,3	0,15...0,25	0,12	0,3...0,4	0,25...0,35	0,12...0,25	—
Ø20	125	0,25...0,5	0,15...0,4	0,12...0,2	0,4...0,6	0,3...0,5	0,25...0,35	—
Ø30	150	0,4...0,7	0,2...0,5	0,12...0,3	0,5...0,8	0,4...0,6	0,25...0,45	—
Ø40	200	—	0,25...0,6	0,15...0,4	—	0,6...0,8	0,3...0,8	—
40×40	150	—	0,6...1,0	0,5...0,7	—	0,7...1,2	0,5...0,9	0,4...0,5

Таблица П11.14. Поддачи при черновом наружном точении резцами с пластинами из быстрорежущей стали или твердого сплава

Диаметр детали, мм	Размер державки резца, мм	Обрабатываемый материал					
		Сталь конструкционная углеродистая			Чугун и медные сплавы		
		Глубина резания, мм					
		До 3	3...5	5...8	8...12	До 3	3...5
До 20	От 16×25 до 25×25	0,3...0,4	—	—	—	—	—
20...40	От 16×25 до 25×25	0,4...0,5	0,3...0,4	—	—	0,4...0,5	—
40...60	От 16×25 до 25×40	0,5...0,9	0,4...0,8	0,3...0,7	—	0,6...0,9	0,5...0,8
60...100	От 16×25 до 25×40	0,6...1,2	0,5...1,1	0,5...0,9	0,4...0,8	0,8...1,4	0,7...1,2

Примечания: 1. При обработке сталей твердостью 44...56 HRC табличные значения подачи следует уменьшить, умножая их на коэффициент 0,8.

2. При обработке сталей твердостью 57...62 HRC табличные значения подачи следует уменьшить, умножая их на коэффициент 0,5.

3. При обработке прерывистых поверхностей табличные значения подачи следует уменьшить, умножая их на коэффициент 0,5.

Таблица П11.15. Подачи при фрезеровании пазов концевыми фрезами из стали Р9 или Р18

Диаметр фрезы, мм	Число зубьев фрезы	Ширина паза, мм	Глубина паза, мм		
			5	10	15
			Подача на один зуб фрезы, мм/зуб		
<i>Обработка стали</i>					
8	5	8	0,02...0,015	0,018...0,012	—
10	5	10	0,035...0,025	0,030...0,020	0,015...0,010
16	4	16	0,06...0,05	0,05...0,04	0,04...0,03
	3		0,08...0,07	0,07...0,06	0,05...0,04
25	5	25	—	0,11...0,08	0,08...0,06
	3		—	0,14...0,10	0,10...0,07
32	6	32	—	0,12...0,09	0,09...0,06
	4		—	0,14...0,10	0,10...0,07
<i>Обработка чугуна и медных сплавов</i>					
8	5	8	0,025...0,02	0,02...0,015	—
10	5	10	0,05...0,04	0,035...0,02	0,02...0,015
16	4	16	0,08...0,06	0,07...0,05	0,05...0,03
	3		0,11...0,08	0,09...0,06	0,08...0,05
20	5	20	0,14...0,09	0,12...0,08	0,08...0,06
	3		0,16...0,10	0,14...0,10	0,11...0,07

Таблица П11.16. Подачи при черновом наружном точении резцами из быстрорежущей стали или с твердосплавными пластинами из углеродистых и легированных сталей

Размер сечения державки резца	Диаметр обрабатываемой поверхности, мм	Резцы с пластинами из твердого сплава			Резцы из стали Р19 и Р18		
		Глубина резания, мм					
		3	5	8	3	5	8
		Продольная подача, мм					
16×25	20	0,3...0,4	—	—	0,3...0,4	—	—
	40	0,4...0,5	0,3...0,4	—	0,4...0,6	—	—

Окончание табл. П11.16

Размер сечения державки резца	Диаметр обрабатываемой поверхности, мм	Резцы с пластинами из твердого сплава			Резцы из стали Р19 и Р18		
		Глубина резания, мм					
		3	5	8	3	5	8
		Продольная подача, мм					
	60	0,5...0,7	0,4...0,6	0,3...0,5	0,6...0,8	0,5...0,7	0,4...0,6
	100	0,6...0,9	0,5...0,7	0,5...0,6	0,7...1,0	0,6...0,9	0,6...0,8
20×30; 25×25	20	0,3...0,4	—	—	0,3...0,4	—	—
	40	0,4...0,5	0,3...0,4	—	0,4...0,6	—	—
	60	0,6...0,7	0,5...0,7	0,4...0,6	0,7...0,8	0,6...0,8	—
	100	0,8...1,0	0,7...0,9	0,5...0,7	0,9...1,1	0,8...1,0	0,7...0,9

Таблица П11.17. Подачи при шлифовании наружных цилиндрических поверхностей методом продольной подачи и скорость вращения обрабатываемой поверхности

Продольная подача					
Шероховатость Ra, мкм	Продольная подача, доли ширины круга				
1,2	0,2...0,3				
0,63	0,15...0,25				
0,32	0,1...0,2				
0,16	0,1...0,16				
0,08	0,1...0,12				
Скорость вращения обрабатываемой заготовки					
Диаметр обрабатываемой поверхности, мм	До 25	25...40	40...63	63...100	100...160
Скорость вращения заготовки, м/мин	8...10	9...12	10...15	10...18	12...20

Таблица П11.18. Подача на глубину за один ход стола при шлифовании наружных цилиндрических поверхностей методом продольной подачи

Диаметр обрабатываемой поверхности, мм	Скорость вращения заготовки, м/мин	Произведение ширины круга на подачу (в долях ширины круга)					
		3	4	5	6	8	10
		Подача на глубину, мм/ход стола					
До 25	8	0,005	0,004	0,0035	0,003	0,0025	—
	10	0,004	0,0035	0,003	0,0025	0,002	—
		0,005	0,004	0,0035	0,003	0,0025	—
25... 40	12	0,004	0,0035	0,003	0,0025	0,002	—
	10	—	0,004	0,0035	0,003	0,0025	0,002
40... 63	12	0,004	0,0035	0,003	0,0025	0,002	0,0015
	15	0,0035	0,003	0,0025	0,002	0,0015	0,001
63... 100	12	—	0,005	0,004	0,0035	0,003	0,0025
	15	0,005	0,004	0,0035	0,003	0,0025	0,002
		0,004	0,0035	0,003	0,0025	0,002	0,0015
100... 160	15	—	0,005	0,004	0,0035	0,003	0,0025
	18	0,005	0,004	0,0035	0,003	0,0025	0,002
		0,004	0,0035	0,003	0,0025	0,002	0,0015

Таблица П11.19. Поддачи при чистовом точении сталей и чугуна

Параметр шероховатости поверхности, мкм		Радиус при вершине резца, мм					
		0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
Ra	Rz	Подача, мм/об заготовки					
0,63	—	0,07	0,1	0,12	0,14	0,15	0,17
1,25		0,10	0,13	0,165	0,19	0,21	0,23
2,5		0,144	0,20	0,246	0,29	0,32	0,35
—	20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
	40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
	80	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

Примечания: 1. При обработке менее прочных сталей значения подач следует уменьшить, умножая табличное значение на коэффициент $K = 0,45$.

2. При обработке более прочных сталей значения подач следует увеличить, умножая табличное значение на коэффициент $K = 1,25$.

Таблица П11.20. Число рабочих ходов при нарезании наружной метрической резьбы резцами из быстрорежущей стали

Шаг резьбы, мм	Материал обрабатываемой заготовки					
	Сталь углеродистая		Сталь легированная		Чугун, бронза и латунь	
	Число рабочих ходов					
	Черновых	Чистовых	Черновых	Чистовых	Черновых	Чистовых
1,25... 1,5	4	2	5	3	4	2
1,75	5	3	6	4	5	3
2,0... 3,0	6		7			
3,5... 4,5	7	4	9	5	6	6
5,0... 5,5	8		10			
6,0	9		12			

Таблица П11.21. Суммарная длина подвода, врезания и перебега режущего инструмента при сверлении, зенкерования, развертывании

Тип отверстия	Метод обработки	Диаметр режущего инструмента, мм					
		2,5	6	10	16	20	25
		Сумма длин подвода, врезания и перебега (выхода) режущего инструмента, мм					
Сквозные	Сверление сверлом с нормальной заточкой	2,0	3	5	6	8	10
	Зенкерование	—	—	—	3	4	5
	Обработка стали разверткой с углом конуса 15°	—	8	10	12	14	16
	Обработка чугуна разверткой с углом конуса 5°	—	10	12	15	17	20

Тип отверстия	Метод обработки	Диаметр режущего инструмента, мм					
		2,5	6	10	16	20	25
		Сумма длин подвода, врезания и перебега (выхода) режущего инструмента, мм					
Глухие отверстия	Сверление	1,5	2	4	6	8	10
	Зенкерование	—	—	—	2	2	2
	Развертывание	—	2	3	3	3	3

Таблица П11.22. Суммарное значение врезания и перебега при фрезеровании торцевыми фрезами

Ширина фрезерования, мм	Диаметр торцевых и концевых фрез, мм					
	До 20	32	40	50	80	100
	Сумма длины врезания и перебега (выхода), мм					
16	6	5	5	5	5	—
20	7	6	5	5	5	5
25	—	10	7	7	6	6
32	—	—	10	9	7	7
40	—	—	—	14	10	8
60	—	—	—	—	20	14
80	—	—	—	—	—	24

Таблица П11.23. Суммарное значение врезания и перебега при фрезеровании дисковыми фрезами

Глубина фрезерования, мм	Диаметр дисковых, прорезных фрез, мм					
	До 16	32	40	50	80	100
	Сумма длины врезания и перебега (выхода), мм					
1	5	9	9	11	13	14
2	6	11	12	14	17	18
3	7	12	14	16	19	21
4	7	13	15	18	22	24
5	7	14	16	19	24	26
6	—	15	17	20	25	28
8	—	16	19	22	29	31

Таблица П11.24. Необходимая для резания мощность при фрезеровании сталей цилиндрическими фрезами из стали Р9 или Р18

Подача на один зуб фрезы, мм/зуб	Глубина резания, мм												Мощность на резание, кВт											
	0,05...0,09		0,10...0,17		0,18...0,22		0,33...0,6		3,5		4,5		5,5		6,5		8		10		12			
	Ширина фрезерования, мм												Мощность на резание, кВт											
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
41	49	70	84	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
59	70	84	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
84	100	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
100	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Минутная подача, мм/мин												Мощность на резание, кВт												
50												—												
71												—												
101												—												
144												—												

Таблица П11.25. Величина врезания и перебега резца при работе на токарных станках

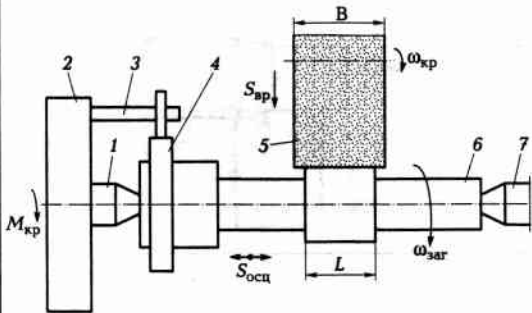
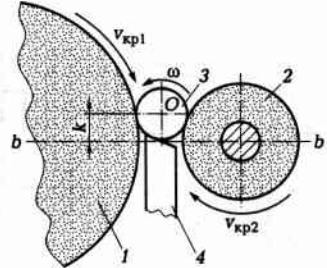
Глубина резания, мм	Главный угол резца в плане, ...°							Величина перебега, мм
	10	15	20	30	45	60	75	
	Величина врезания, мм							
1	5,7	3,7	2,7	1,7	1	0,6	0,3	1
2	11,3	7,5	5,5	3,5	2	1,2	0,6	1
3	17	11,2	8,2	5,2	3	1,7	0,8	2
4	6,2	14,9	11	6,9	4	2,3	1,1	2
5	4,2	18,6	13,7	8,7	5	2,9	1,3	2
6	34	22,4	16,5	10,4	6	3,5	1,6	2
7	40	26	19,2	12,1	7	4	1,9	2
8	45,2	29,8	22	13,8	8	4,6	2,1	3
9	51	33,6	24,7	15,7	9	5,2	2,4	3
10	57	37,3	27,4	17,3	10	5,8	2,7	3

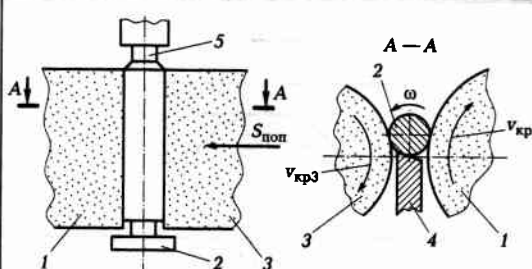
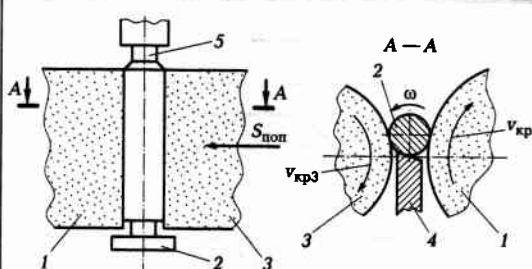
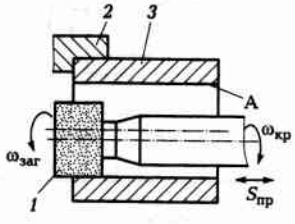
Таблица П.11.26. Определение длины L_x хода стола при шлифовании методом продольной подачи

Вариант № 1	Вариант № 2
$L_x = L - (1 - 2m)B$	$L_x = L - (1 - m)B$

Таблица П.11.27. Движения и подачи при шлифовании

Способ шлифования	Эскиз обработки	Движение подачи	Вид подачи	Способ снятия припуска
Продольное		Возвратно-ступательное движение круга вдоль своей оси	Продольная: за один оборот заготовки за одну минуту	За несколько ходов шлифовального круга
		Радиальное движение круга	Подача на глубину: за один ход стола за двойной ход стола	За один ход шлифовального круга
Глубинное		Возвратно-ступательное движение круга вдоль своей оси	Продольная: за один оборот заготовки за одну минуту	За один ход шлифовального круга
		Радиальное движение круга	Подача на глубину: за один ход стола за двойной ход стола	За один ход шлифовального круга

Способ шлифования	Эскиз обработки	Движение подачи	Вид подачи	Способ снятия припуска
Круглое		Непрерывное (или периодическое) движение круга в радиальном направлении	Поперечная: за один оборот заготовки за одну минуту	За один ход шлифовального круга
		Осциллирующее движение круга вдоль оси		
Бесцентровое		Поступательное движение заготовки вдоль своей оси (при наружном шлифовании)	Продольная: за один оборот заготовки за одну минуту	За несколько проходов заготовки
		Возвратно-поступательное движение круга вдоль своей оси (при внутреннем шлифовании)	Продольная: за один оборот заготовки за одну минуту	За несколько движений шлифовального круга

Врезное		Непрерывное радиальное движение заготовки к шлифовальному кругу	Поперечная, за одну минуту	За один цикл шлифования
		Выхаживание	Без поперечной подачи	
До упора		Сочетание движений сквозного и врезного шлифований	Комбинированная	За один цикл шлифования
Внутреннее		Возвратно-поступательное движение круга вдоль своей оси	Продольная: за один оборот заготовки за одну минуту	За несколько ходов шлифовального круга
		Радиальное движение круга	Поперечная, за двойной ход стола	

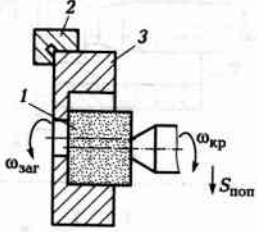
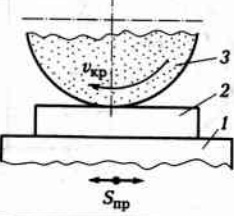
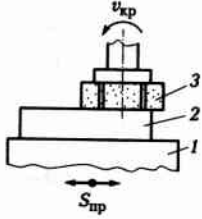
Способ шлифования		Эскиз обработки	Движение подачи	Вид подачи	Способ снятия припуска
Внутреннее	Врезное		Движение круга в радиальном направлении	Поперечная: за один оборот заготовки за одну минуту	За один ход шлифовального круга
			Вращение заготовки при шлифовании	Круговая, за одну минуту	
Плоское	Периферийный круга		Движение круга вдоль своей оси	Поперечная, за один ход стола	За несколько ходов стола
	Торцом круга		Радиальное движение круга		
			Прямолинейно-возвратное движение стола	Подача на глубину	За один цикл шлифования
			Движение круга вдоль своей оси		

Таблица П11.28. Параметры резания при различных видах шлифования

Обрабатываемый материал	Вид шлифования	Скорость вращения заготовки, м/мин	Скорость вращения круга, м/с	Глубина шлифования, мм	Продольная подача	Радиальная подача, мм/об
Круглое наружное шлифование						
Конструкционные и инструментальные стали и сплавы	С продольной подачи на каждый ход: предварительное окончательное	12...25 15...55	30...35 30...35	0,01...0,025 0,005...0,015	(0,3...0,7)В (0,2...0,4)В	— —
	С продольной подачи на двойной ход: предварительное окончательное	30...50 20...40	30...35 30...35	— —	— —	0,0025...0,075 0,001...0,005
Твердые сплавы	С продольной подачи на каждый ход: предварительное окончательное	10...20 20...30	20...30 30...35	0,0075...0,01 0,0075...0,01	0,5...0,8 м/мин 0,3...0,5 м/мин	— —
Круглое внутреннее шлифование						
Конструкционные и инструментальные стали и сплавы	На станках общего назначения: предварительное окончательное	20...40	30...35	0,005...0,02 0,0025...0,01	(0,4...0,7)В (0,25...0,4)В	— —
	На станках-полуавтоматах: предварительное окончательное	50...150	30...35	0,0025...0,005 0,0015...0,0025	(0,4...0,75)В (0,25...0,4)В	— —

Обрабатываемый материал	Вид шлифования	Скорость вращения заготовки, м/мин	Скорость вращения круга, м/с	Глубина шлифования, мм	Продольная подача	Радиальная подача, мм/об
Твердые сплавы	На станках-полуавтоматах:					
	предварительное	20...30	10...25	0,005...0,01	0,4...0,5 м/мин	—
	окончательное	25...50	15...30	0,005...0,0075	0,2...0,4 м/мин	—
<i>Круглое бесцентровое шлифование</i>						
Конструкционные и инструментальные стали и сплавы	На проход:					
	предварительное (диаметр отверстия до 20 мм)	20...120	30...35	0,02...0,05	0,5...3,8 м/мин	—
	предварительное (диаметр отверстия свыше 20 мм)	20...120	30...35	0,05...0,2	0,5...3,8 м/мин	—
	окончательное	40...120	30...35	0,025...0,01	1,2...2,0 м/мин	—
	Врезное:					
	предварительное	10...45	30...35	—	—	0,001...0,005
	окончательное	10...30	30...35	—	—	0,001...0,005
<i>Плоское шлифование периферией круга</i>						
Конструкционные и инструментальные стали и сплавы	На станках с прямоугольным столом:					
	предварительное	20...40	30...35	0,005...0,015	(0,3...0,6)В	—
	окончательное	15...20	30...35	0,003...0,010	(0,3...0,6)В	—

Показатели точности и качества поверхности

Таблица П12.1. Точность и качество поверхности при обработке отверстий в деталях из сталей

Метод обработки	Ra, мкм	Глубина дефектного слоя, мкм	Квалитет точности	Номинальный диаметр поверхности, мм					
				6...10	10...18	18...30	30...50	50...80	
					Допуск на обработку, мм				
Сверление	12,5...3,2	75...25	12	0,15	0,18	0,21	0,25	0,30	
Зенкерование	Черновое	12,5...6,3	50...30	12	0,18	0,21	0,25	0,30	0,35
	Чистовое	6,3...3,2	40...25	11; 10	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14
Развертывание	Черновое	1,6	25...12	11; 10	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12
	Чистовое	0,8	10	8; 7	0,015	0,018	0,021	0,025	0,03
Растачивание	Черновое	12,5...6,3	50...30	12	—	—	—	—	—
	Чистовое	3,2...1,6	23...16	11—8	—	—	—	—	—
	Тонкое алмазное	0,8...0,2	10...4	7—5	—	—	—	—	—
Шлифование	Предварительное	1,6	20	8	—	0,027	0,033	0,039	0,05
	Чистовое	0,8...0,4	20...5	6; 7	—	0,018	0,021	0,025	0,04
	Тонкое	0,4...0,1	5	5	—	0,008	0,009	0,011	0,01
Притирка, хонингование	0,4...0,03	5...3	5	—	0,008	0,009	0,011	0,01	
Калибрование шариком	0,40...0,05	—	8; 7	—	—	0,033	0,039	0,05	
Алмазное выглаживание	0,05	—	5	—	—	0,009	0,011	0,01	

Примечание. При обработке деталей из чугуна и цветных сплавов предельные отклонения размеров можно принимать на один квалитет точнее.

Таблица П12.2. Точность и качество поверхностей при механической обработке отверстий

Способ обработки		Диаметр отверстия, мм	Квалитет точности	Rz, мкм	Глубина дефектного слоя, мкм
Сверление		3...6	12—14	20	40
		6...10		40	50
		10...18		40	60
		18...50		50	70
Зенкерование	Черновое	18...30	11 или 12	50	40
	Чистовое	18...30	9	30	30
Растачивание	Черновое	50...260	12 или 13	50	50
	Чистовое	50...260	10	20	25
Развертывание	Предварительное	18...30	9	10	20
	Окончательное	18...30	7 или 8	Ra 5	10
Шлифование		До 80	7 или 8	Ra 1,25	—
Калибрование шариком		6...80	7	Ra 0,6	—

Таблица П12.3. Точность и качество поверхности при обработке наружных цилиндрических поверхностей

Метод обработки	Ra, мкм	Глубина дефектного слоя, мкм	Квалитет точности	Номинальный диаметр поверхности, мм					
				18...30	30...50	50...80	80...120	120...180	
				Допуск на обработку, мм					
Обтачивание	Черновое	25...50	120...160	14	0,52	0,62	0,74	0,87	1,00
	Получистовое	12,5...3,2	50...20	12	0,21	0,23	0,30	0,40	0,40
	Однократное	6,3...1,6	30...20	10	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25
	Чистовое	6,3...1,6	30...20	9	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10
Шлифование	Черновое	1,6...0,8	20	8	0,033	0,039	0,046	0,054	0,063
	Чистовое	0,8...0,4	15...5	7	0,021	0,025	0,030	0,035	0,040
Притирка		5...3	5...3	5	0,009	0,011	0,013	0,015	0,018
Суперфиниширование		0,4...0,02	—	4	0,005	0,007	0,008	0,010	0,012

Таблица П12.4. Точность и качество поверхности при обработке плоских поверхностей в деталях из сталей

Метод обработки	Ra, мкм	Глубина дефектного слоя, мкм	Квалитет точности	Номинальные размеры поверхностей, мм		
				До 160×160	Свыше 400×400	
				Допуск на обработку, мм		
Фрезерование	Черновое	12,5	100...50	11	0,12...0,25	0,22...0,36
	Чистовое	6,3...3,12	50...20	9; 10	0,03...0,06	0,04...0,09
Шлифование	Обдирочное	3,2	20	10	0,046...0,097	0,063...0,097
	Чистовое	1,6...0,8	15...5	8	0,03...0,063	0,03...0,063

Примечание. При обработке деталей из чугуна и цветных сплавов предельные отклонения размеров можно принять на один квалитет точнее.

Таблица П12.5. Качество поверхности штампованных заготовок

Масса заготовки, кг	Rz, мкм	Глубина дефектного слоя, мкм
0,25... 4,0	160	200
4... 25	240	250
25... 40	320	300
40... 100	350	350
100... 200	400	400

Таблица П12.6. Точность и качество поверхностного слоя литых заготовок

Способ литья	Квалитет точности	Rz, мкм	Материал заготовки		
			Чугун	Сталь	Цветные сплавы
			Глубина дефектного слоя, мкм		
В кокиль, центробежное литье	7 или 8	200	300	200	100
В оболочковые формы	11 или 12	40	260	160	100
По выплавляемым моделям	11 или 12	30	170	100	60

Таблица П12.7. Взаимосвязь шероховатости поверхности детали с точностью ее обработки

Поле допуска, квалитет точности	Номинальный диаметр поверхности детали, мм					
	До 6	6... 10	10... 30	30... 80	80... 120	120... 180
	Ra, мкм					
H7	0,40	0,40	0,80	0,80	1,60	1,60
R7; S7	0,20	0,20	0,40	0,40	0,80	0,80
G8; F8	0,40	0,40	0,80	0,80	0,80	1,60
H9	0,80	0,80	0,80	1,60	1,60	3,20
H10	1,60	1,60	1,60	3,20	3,20	6,30

Окончание табл. П12.7

Поле допуска, квалитет точности	Номинальный диаметр поверхности детали, мм					
	До 6	6... 10	10... 30	30... 80	80... 120	120... 180
	Ra, мкм					
D11	1,60	3,20	3,20	3,20	6,30	6,30
H12; B12	3,20	3,20	6,30	6,30	6,30	12,5

Таблица П12.8. Параметры точности и шероховатости поверхностей

Метод обработки	Особенности обработки	Ra, мкм	Квалитет точности	
			экономически целесообразный	достижимый
Точение с продольной подачей	Черновое	20... 40	14—15	—
	Получистовое	6,3... 12,5	12—14	—
	Чистовое	1,6... 3,2	7—9	—
	Тонкое	0,4... 0,8	6	—
Фрезерование торцевой фрезой	Черновое	6,3... 12,5	12—14	—
	Чистовое	3,2... 6,8	11	6
Фрезерование цилиндрической фрезой	Черновое	25... 50	12—14	—
	Чистовое	3,2... 6,3	12—14	—
Сверление	Отверстия диаметром до 15 мм	6,3... 12,5	12—14	10
	Отверстия диаметром свыше 15 мм	12,5... 25,0	12—14	10
Зенкерование	Черновое	12,5... 25,0	12—15	—
	Чистовое	3,2... 6,3	10—11	8
Развертывание	Получистовое	6,3... 12,5	9—10	8
	Чистовое	1,6... 2,0	7—8	—
	Тонкое	0,4... 0,8	7	6

Метод обработки	Особенности обработки	Ra, мкм	Квалитет точности	
			экономически целесообразный	достижимый
Шлифование	Предварительное	3,2...6,25	10—11	—
	Чистовое	0,8...1,6	6—8	—
	Тонкое	0,4...1,2	5—7	5 и точнее
Протягивание	Чистовое	6,3	8—9	—
	Тонкое	0,8...3,2	7—8	—
Строгание	Черновое	12,5...25,0	12—14	—
	Чистовое	3,2...6,3	11—13	—
Притирка	Чистовая	0,4...3,2	6—7	—
	Тонкая	0,1...1,6	5	—
Хонингование	—	0,05...0,4	6—8	—
Суперфиниширование	—	0,1...0,4	5 и точнее	5 и точнее
Полирование	Обычное	0,2...1,6	6	—
	Тонкое	0,05...1,0	5	—

Зависимость типа производства от объема выпуска

Масса детали, кг	Тип производства				
	Единичное	Мелкосерийное	Среднесерийное	Крупносерийное	Массовое
	Кoeffициент закрепления операций				
	Свыше 40	20...40	10...20	1...10	1
Объем (программа) выпуска деталей, шт./год					
До 1	До 10	10...2·10 ³	1 500...1·10 ⁵	75 000...200 000	Свыше 2·10 ⁵
1...2		10...10 ³	1 000...50 000	50 000...100 000	Свыше 1·10 ⁵
2...5		10...500	500...35 000	35 000...75 000	Свыше 75 000
5...10		10...300	300...25 000	25 000...50 000	Свыше 50 000
10		10...200	200...10 000	10 000...25 000	Свыше 2 500

Примерные показатели для экономических расчетов

Таблица П14.1. Условные цены стружки

Материал и вид стружки	Цена, р./кг
Низколегированные конструкционные стали	40
Хромоникелевая	40
Хромовольфрамовая	40
Углеродистая	25
Легированная	45
Жаропрочные	100...500
Чугун	20
Сталь (витая стружка)	20
Сталь (мелкая стружка)	30

Таблица П14.2. Условные часовые тарифные ставки основных рабочих, р.

Категория рабочих	Разряды рабочих					
	1	2	3	4	5	6
Сдельщик с нормальными условиями труда	120	140	160	170	180	200
Повременщик с нормальными условиями труда	110	125	140	155	170	180
Сдельщик с вредными условиями труда	130	145	160	180	195	210
Повременщик с вредными условиями труда	120	135	150	165	180	190

Таблица П14.3. Условные цены на материалы

Группа стали	Типовая марка стали	Цена, р./кг, при диаметре, мм		
		40...50	72...100	150...200
Хромоникелевая	20ХН3А	150	140	160
Хромовольфрамовая	30ХЗВА	300	290	320
Углеродистая	У7А	100	90	110
Легированная	5ХНМ	150	140	160
Жаропрочные	15Х11МФ	350	340	370
	ЭИЗ7Б	3 000	2 800	2 700

Методы обработки поверхностей

Таблица П15.1. Методы обработки поверхностей

Обрабатываемая поверхность	Метод обработки		Ra, мкм	Квалитет точности	Тип станка
Наружная цилиндрическая	Обтачивание	Обдирочное	25... 100	15—17	Токарный, револьверный, карусельный, автомат или полуавтомат
		Получистовое	6,3... 12,5	12—14	
		Чистовое	1,6... 3,2	7—9	
		Тонкое	0,4... 0,8	6	
	Шлифование	С продольной подачей	0,6... 6,3	6—11	Круглошлифовальный, бесцентрово-шлифовальный
		Глубинное	3,2... 6,3	8—11	
		Врезанием	3,2... 6,3	9—11	
		Бесцентровое	0,6... 6,3	6—11	
Фрезерование	Незамкнутая поверхность	25... 100	15—17	Вертикально-фрезерный	
Внутренняя цилиндрическая	Сверление		12,5... 25	12—14	Вертикально-сверлильный, радиально-сверлильный, расточный, внутришлифовальный, токарный
	Зенкерование		3,2... 6,3	10—12	
	Развертывание		0,4... 6,3	7—10	

	Растачивание	На токарных станках	6,3... 40	9—12	Револьверный, протяжной
		На расточных станках	0,6... 6,3	6—8	
	Шлифование		0,6... 6,3	6—11	
	Протягивание		0,8... 3,2	7—9	
	Плоская	Обтачивание		6,3... 12,5	12—14
Фрезерование		Торцевой фрезой	3,2... 12,5	10—14	Вертикально-фрезерный, горизонтально-фрезерный
		Цилиндрической фрезой	6,3... 50	11—15	
		Концевой фрезой	6,3... 12,5	11—14	
Все цилиндрические (отделка)	Тонкое точение		0,4... 0,8	5; 6	Токарный, притирочный, специальный
	Хонингование		0,04... 0,32	6; 7	
	Притирание		0,04... 0,32	6; 7	
	Суперфиниширование		0,08... 0,4	5	
	Выглаживание		0,08... 0,6	5—7	
	Полирование		0,05... 1,6	5; 6	
Резьбовая	Нарезание	Резцами	3,2... 6,3	6—8	Токарный, резьбофрезерный, сверлильный с резьбо-нарезной головкой

Обрабатываемая поверхность	Метод обработки		Ra, мкм	Качество точности	Тип станка
		Метчиками	3,2... 12,5	6—8	
		Плашками	3,2... 12,5	6—8	
		Фрезами	3,2... 6,3	8	
	Шлифование	Однорезным кругом	1,6... 3,2	4—6	Резьбошлифовальный
		Многорезным кругом	1,6... 3,2	4—6	
	Накатывание	Плоскими плашками	0,4... 0,8	6—8	Резьбонакатной
Роликами		0,4... 0,8	6—8		
Зубья цилиндрических зубчатых колес	Фрезерование	Копированием	6,3... 12,5	9; 10	Фрезерный
		Обкаткой	6,3... 12,5	9; 10	Зубофрезерный
	Долбление		1,6... 3,2	7; 8	Зубодолбежный
	Шлифование	Копированием	0,5... 1,2	5; 6	Круглошлифовальный
		Обкаткой	0,5... 1,2	5; 6	Зубошлифовальный
	Шевингование		0,63... 1,25	6; 7	Специальный

Зубья конических зубчатых колес	Притирание	0,63... 1,25	6; 7	Притирочный
	Строгание методом обкатки	0,8... 3,2	5—7	Зубострогальный
Прямоугольные наружные шлицы	Долбление профиля впадины	1,6... 3,2	7; 8	Долбежный
	Фрезерование профиля впадины	1,25... 4	8; 9	Горизонтально-фрезерный
	Шлифование наружной поверхности шлицов	0,6... 3,2	5—7	Шлицешлифовальный
	Шлифование впадины шлицов	0,6... 3,2	5—7	Круглошлифовальный
Внутренние шлицы	Протягивание в сквозных отверстиях	0,8... 1,6	6; 7	Протяжный
	Долбление в несквозных отверстиях	1,6... 3,2	7; 8	Долбежный

Таблица П15.2. Методы обработки поверхностей зубчатых колес

Метод обработки	Ra, мкм	Квалитет точности поверхности	Степень точности зубчатого колеса
<i>Обработка отверстий</i>			
Сверление	12,5...25	12—14	—
Рассверливание	12,5...25	12—14	—
Зенкерование черновое	12,5...25	12—14	—
Зенкерование однократное литого отверстия	12,5...25	12—14	—
Зенкерование прошитого отверстия	6,3...12,5	12—14	—
Зенкерование чистовое	3,2...6,3	10—11	—
Развертывание получистовое	6,3...12,5	9; 10	—
Развертывание чистовое	1,6...3,2	7; 8	—
Развертывание тонкое	0,4...0,8	7	—
Протягивание черновое литого или прошитого отверстия	1,6...2,5	8; 9	—
Протягивание чистовое или после сверления	0,8...3,2	7; 8	—
Растачивание черновое	40...80	11; 12	—
Растачивание чистовое	2,5...5	8; 9	—
Растачивание тонкое	0,1...0,63	6; 7	—
Шлифование предварительное	1,6...2,5	8; 9	—

Окончание табл. П15.2

Метод обработки	Ra, мкм	Квалитет точности поверхности	Степень точности зубчатого колеса
Шлифование чистовое	0,63...1,25	7; 8	—
Шлифование тонкое	0,1...0,63	5, 6	—
Притирка, хонингование	0,04...0,32	6; 7	—
Алмазное выглаживание, калибрование	0,05...0,63	7; 8	—
<i>Обработка зубьев</i>			
Зубофрезерование модульной фрезой	6,3...12,5	—	9; 10
Зубофрезерование червячной фрезой	3,2...6,3	—	8—10
Зубодолбление	1,6...3,2	—	7; 8
Зубострогание	0,8...3,2	—	5—7
Зубопротягивание	0,8...3,2	—	6; 7
Зубошевингование	0,63...1,25	—	6; 7
Шлифование зубьев	0,5...1,25	—	5; 6

Значения коэффициентов и величин

Таблица П16.1. Среднее значение коэффициента вытяжки $m = d_i + 1/d_i$ для стали

Обозначение коэффициента вытяжки	Относительная толщина материала, $(T/d) \cdot 100\%$					
	2...1,5	1,5...1	1...0,6	0,6...0,3	0,3...0,15	0,14...0,08
m_0	0,50	0,53	0,55	0,58	0,6	0,63
m_1	0,75	0,76	0,78	0,79	0,80	0,82
m_2	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,84
m_3	0,80	0,82	0,82	0,83	0,85	0,86
m_4	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88

Таблица П16.2. Значения минимального временного зазора Δ_c , позволяющего легко ввести охватываемую деталь в отверстие

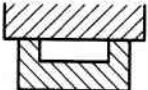
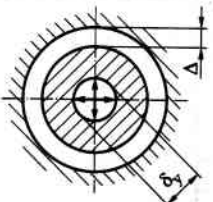
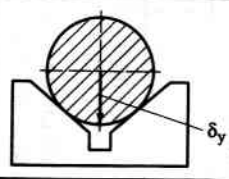
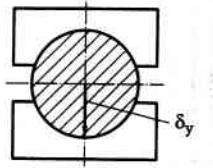
Время выполнения операции, мин	Номинальное значение диаметра D_n сопрягаемых поверхностей, мм					
	30...40	40...60	60...100	100...150	150...200	свыше 200
	Значение минимального зазора					
0,5	$0,0006D_n$	—	—	—	—	—
1	$0,0007D_n$	$0,0007D_n$	—	—	—	—
2	—	$0,0011D_n$	$0,0007D_n$	$0,0006D_n$	$0,0005D_n$	—
5	—	—	$0,0011D_n$	$0,0008D_n$	$0,0007D_n$	$0,0006D_n$
10	—	—	—	—	$0,0008D_n$	$0,0007D_n$

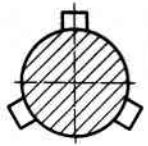
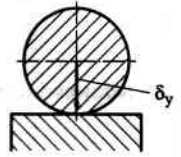
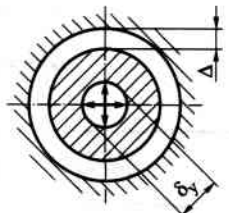
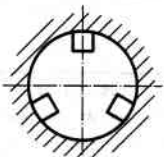
Таблица П16.3. Значения коэффициента линейного K_α расширения материалов

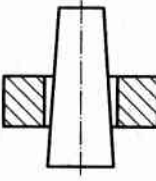
Материал	$K_\alpha, 10^{-6}/^\circ\text{C}$	
	При нагревании	При охлаждении
Сталь	11	-8,5
Чугун литейный	10	-8

Материал	$K_\alpha, 10^{-6}/^\circ\text{C}$	
	При нагревании	При охлаждении
Чугун ковкий	10	-8
Медь	16	-14
Бронза	17	-15
Латунь	18	-16
Алюминиевые сплавы	22	-18
Магниеые сплавы	26	-21

Таблица П16.4. Формулы для расчета погрешностей δ_y и P для различных схем установки заготовки на одну базу

Установочная база заготовки	Установочный элемент приспособления	Схема базирования заготовки	Погрешность δ_y	Погрешность P при ИБ = УБ
Плоскость	Плоскость		0	0
Наружная цилиндрическая поверхность $\varnothing A_{T_6}$	Цилиндрическое отверстие $\varnothing A_{y^{+T_y}}$		$T_6 + \Delta + T_y$	$T_6 + \Delta + T_y$
	Призма с углом 2γ		$T_6 / (2 \sin \gamma)$	$T_6 \cos \beta / (2 \sin \gamma)$
	Полуцилиндрическое отверстие $\varnothing A_{y^{+T_y}}$		$(T_6 + T_y) / 2$	$(T_6 + T_y) \cos \beta / 2$

	Трёхкулачковый патрон		0	0
	Плоскость		$0,5T_6$	$0,5T_6$
Внутренняя цилиндрическая поверхность $\varnothing A_{T_6}$	Наружная цилиндрическая поверхность $\varnothing A_{y-T_y}$		$T_6 + \Delta + T_y$	$T_6 + \Delta + T_y$
	Трёхкулачковый патрон		0	0

Установочная база заготовки	Установочный элемент приспособления	Схема базирования заготовки	Погрешность δ_y	Погрешность R при ИБ = УБ
	Наружная коническая поверхность с конусностью 1/5 000 ... 1/1 000		0	0

Принятые обозначения:

- D_y — номинальный диаметр установочного элемента приспособления;
 D_6 — номинальный диаметр установочной базы заготовки;
 T_y — допуск на диаметр установочного элемента приспособления;
 T_6 — допуск на диаметр установочной базы заготовки;
 Δ — гарантированный зазор;
 δ_y — погрешность установки;
 β — угол между направлениями погрешности установки и исходного размера;
 γ_1 — угол установочной призмы.

Краткие технические характеристики металлорежущих станков

Токарно-винторезный станок 16K20

Высота центров, мм	215
Расстояние между центрами, мм	До 2 000
Мощность электродвигателя, Вт	10 000
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 315; 400; 500; 630; 800; 1 000; 1 250; 1 600; 2 000
Продольная подача, мм/об заготовки	0,05; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,2; 1,4; 1,5; 1,75...4,16
Поперечная подача, мм/об заготовки	0,025; 0,03; 0,0375; 0,045; 0,05; 0,0625; 0,075; 0,0875; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4...2,08

Круглошлифовальный станок 3Б12

Диаметр обрабатываемых валов, мм	8... 200
Диаметр обрабатываемых отверстий, мм	25... 50
Продольная подача ($S_B V$), мм/об заготовки	0,1... 5,0
Частота вращения заготовки, мин ⁻¹	78... 780
Цена деления лимба, мм	0,002
Диаметр шлифовального круга, мм	300
Ширина шлифовального круга, мм	40
Частота вращения шпинделя при наружном шлифовании, мин ⁻¹	2 250
Частота вращения шпинделя при внутреннем шлифовании, мин ⁻¹	16 750

Горизонтально-фрезерный станок 6Р82

Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	31,5; 40; 63; 80; 100; 125; 250; 315; 400; 630; 800; 1 250; 1 600
Продольная подача, мм/мин	25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1 000; 1 250

Вертикально-фрезерный станок 6Р12

Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	31,5; 40; 63; 80; 100; 125; 250; 315; 400; 630; 800; 1 250; 1 600
Продольная подача, мм/мин.....	25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1 000; 1 250

Круглошлифовальный станок 3М131

Наибольший диаметр шлифуемой поверхности, мм.....	280
Наибольшая длина шлифуемой поверхности, мм.....	700
Мощность электродвигателя, кВт.....	7,5
Частота вращения круга, мин ⁻¹	1 112 или 1 285
Частота вращения обрабатываемой заготовки, мин ⁻¹	40 ... 400 (бесступенчато)
Скорость продольного хода стола, мм/мин.....	50 ... 5 000 (бесступенчато)
Поперечная подача шлифовального круга, мм/ход стола.....	0,002 ... 0,1 (бесступенчато)
Непрерывная подача при врезном шлифовании, мм/мин.....	0,1 ... 4,5
Диаметр шлифовального круга, мм.....	600
Ширина шлифовального круга, мм.....	63

Плоскошлифовальный станок 3П722

Ширина стола, мм.....	320
Длина стола, мм.....	1 250
Мощность электродвигателя, кВт.....	15
Скорость движения стола, м/мин.....	3 ... 45
Поперечная подача шлифовального круга, мм/ход стола.....	2 ... 48 (бесступенчато)
Вертикальная подача шлифовального круга, мм/реверс шлифовальной бабки.....	0,004; 0,005; 0,01 ... 0,1 (с шагом 0,005 мм)
Поперечная подача шлифовального круга, мм/ход стола.....	0,002 ... 0,1 (бесступенчато)
Диаметр шлифовального круга, мм.....	450
Ширина шлифовального круга, мм.....	80

Внутришлифовальный станок 3К228В

Наибольший диаметр шлифуемого отверстия, мм.....	200
--	-----

Наибольшая длина шлифуемой поверхности, мм.....	200
Мощность электродвигателя шпинделя, кВт.....	5,5
Частота вращения шлифовального круга, мин ⁻¹	4 500; 6 000; 9 000; 13 000

Частота вращения обрабатываемой заготовки, мин ⁻¹	100 ... 600 (бесступенчато)
--	--------------------------------

Скорость продольного хода шлифовальной бабки, м/мин.....	1 ... 7 (бесступенчато)
--	----------------------------

Поперечная подача шлифовального круга, мм/ход.....	0,001 ... 0,006 (с шагом 0,001 мм)
--	---------------------------------------

Непрерывная подача при врезном шлифовании, мм/мин.....	0,1 ... 4,5
Наибольший диаметр шлифовального круга, мм.....	175
Наибольшая ширина (длина) шлифовального круга, мм.....	63

1. Данилевский В. В. Технология машиностроения : учебник. — М. : Высш. шк., 1984. — 416 с.
2. Зайцев С. А. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении : учебник / С. А. Зайцев, А. Д. Куранов, А. Н. Толстов. — М. : Издательский центр «Академия», 2006. — 240 с.
3. Зайцев С. А. Нормирование точности : учеб. пособие / С. А. Зайцев, А. Н. Толстов, А. Д. Куранов. — М. : Издательский центр «Академия», 2004. — 256 с.
4. Ильянков А. И. Основы сборки авиационных двигателей : учебник / А. И. Ильянков, М. Е. Левит. — М. : Машиностроение, 1987. — 288 с.
5. Ильянков А. И. Технология производства двигателей летательных аппаратов в упражнениях и задачах с элементами САПР : учеб. пособие / А. И. Ильянков. — М. : Изд-во МАИ, 1992. — 288 с.
6. Метрология, стандартизация и сертификация в машиностроении : учебник / [С. А. Зайцев, А. Н. Толстов, Д. Д. Грибанов, А. Д. Куранов]. — М. : Издательский центр «Академия», 2009. — 288 с.
7. Никитин А. Н. Технология сборки двигателей летательных аппаратов : учебник / А. Н. Никитин. — М. : Машиностроение, 1982. — 269 с.
8. Технология машиностроения : учебник / [Л. Л. Лебедев, В. У. Мнацаканян, А. А. Погонин и др.]. — М. : Издательский центр «Академия», 2006. — 528 с.
9. Фираго В. П. Сборник задач по курсу «Технология производства двигателей летательных аппаратов» : учеб. пособие / В. П. Фираго, А. И. Ильянков. — М. : Изд-во МАИ, 1986. — 70 с.

Предисловие.....	4
Глава 1. Основы технологии машиностроения.....	7
1.1. Производственный и технологический процессы машиностроительного предприятия.....	7
<i>Практическая работа № 1.1. Изучение структуры технологического процесса.....</i>	19
1.2. Определение величины припусков.....	24
1.3. Расчет размеров заготовок.....	35
1.4. Предварительная оценка вариантов получения заготовок и их технологичности.....	46
<i>Практическая работа № 1.2. Назначение операционных припусков на обработку детали с графическим изображением расположения припусков и допусков на операционные размеры.....</i>	54
1.5. Выбор баз при обработке заготовок.....	59
1.6. Последовательность операций.....	70
1.7. Выбор установочной базы.....	73
1.8. Выбор исходной базы.....	79
<i>Практическая работа № 1.3. Базирование заготовок в зоне обработки станка.....</i>	82
1.9. Точность механической обработки.....	87
1.10. Определение ожидаемой точности при автоматическом получении координирующего размера.....	88
Глава 2. Техническое нормирование технологических операций.....	96
2.1. Структура штучного времени.....	96
2.2. Нормирование операций.....	105
<i>Практическая работа № 2.1. Нормирование токарной операции технологического процесса.....</i>	105
<i>Практическая работа № 2.2. Нормирование фрезерной операции технологического процесса.....</i>	114
<i>Практическая работа № 2.3. Нормирование шлифовальной операции технологического процесса.....</i>	124
2.3. Разработка операций.....	132
<i>Практическая работа № 2.4. Разработка круглошлифовальной операции технологического процесса.....</i>	134
<i>Практическая работа № 2.5. Разработка плоскошлифовальной операции технологического процесса.....</i>	141

Глава 3. Методы обработки поверхностей, применяемые при изготовлении основных деталей.....	148
3.1. Изготовление валов.....	148
3.2. Изготовление дисков.....	165
3.3. Изготовление зубчатых колес.....	173
3.4. Изготовление цилиндрических зубчатых колес.....	174
3.5. Изготовление конических зубчатых колес.....	189
Глава 4. Изготовление кольцевых деталей.....	198
Глава 5. Изготовление деталей из листовых материалов.....	207
Глава 6. Выбор приспособлений для базирования (установки и закрепления) заготовок.....	219
Глава 7. Сборка соединений, механизмов и сборочных единиц.....	237
7.1. Разработка маршрута и схемы сборки.....	237
7.2. Сборочные размерные цепи.....	243
7.3. Обеспечение точности сборки.....	248
7.4. Контроль сборочных и технологических параметров.....	267
7.5. Балансировка деталей и роторов.....	289
Глава 8. Курсовое проектирование.....	301
8.1. Основные положения курсового проекта.....	301
8.2. Общие требования к оформлению курсового проекта.....	307
8.3. Общая методика работы над проектом.....	313
8.4. Технологическая часть.....	316
Приложения.....	349
Приложение 1. Примерная форма титульного листа пояснительной записки.....	349
Приложение 2. Примерная форма бланка задания на курсовой проект.....	350
Приложение 3. Единицы измерения физических величин.....	351
Приложение 4. Правила оформления графической части курсового проекта.....	353
Приложение 5. Допуски в системе отверстия на наружные размеры по ЕСДП (ГОСТ 25347—82).....	357
Приложение 6. Примерные маршруты получения параметров наружных цилиндрических поверхностей.....	359
Приложение 7. Примерные маршруты получения параметров внутренних цилиндрических поверхностей.....	360
Приложение 8. Операционные припуски и допуски.....	361
Приложение 9. Временные показатели технологических операций.....	369
Приложение 10. Технические характеристики технологического оборудования и материалов.....	374
Приложение 11. Параметры резания и режимы обработки.....	384
Приложение 12. Показатели точности и качества поверхности.....	405

Приложение 13. Зависимость типа производства от объема выпуска.....	411
Приложение 14. Примерные показатели для экономических расчетов.....	412
Приложение 15. Методы обработки поверхностей.....	414
Приложение 16. Значения коэффициентов и величин.....	420
Приложение 17. Краткие технические характеристики металлорежущих станков.....	425
Список литературы.....	428

Учебное издание

**Ильянков Александр Иосифович,
Новиков Владимир Юрьевич**
Технология машиностроения
Практикум и курсовое проектирование

Учебное пособие

Редактор М. С. Кубай
Технический редактор Н. И. Горбачёва
Компьютерная верстка: Г. Ю. Никитина
Корректор С. Ю. Свиридова

Изд. № 101115590. Подписано в печать 30.03.2012. Формат 60×90/16.
Гарнитура «Балтика». Бумага офс. № 1. Печать офсетная. Усл. печ. л. 27,0.
Тираж 1000 экз. Заказ № 258.

ООО Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru
125252, Москва, ул. Зорге, д. 15, корп. 1, пом. 266.
Адрес для корреспонденции: 129085, Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1, а/я 48.
Тел./факс: (495) 648-0507, 616-0029.
Санитарно-эпидемиологическое заключение № РОСС RU.АЕ51.Н 16067 от 06.03.2012.

Отпечатано с электронных носителей издательства.
ОАО «Тверской полиграфический комбинат», 170024, г. Тверь, пр-т Ленина, 5.
Телефон: (4822) 44-52-03, 44-50-34. Телефон/факс: (4822) 44-42-15.
Home page — www.tverpk.ru Электронная почта (E-mail) — sales@tverpk.ru