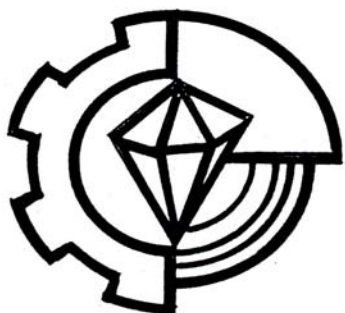




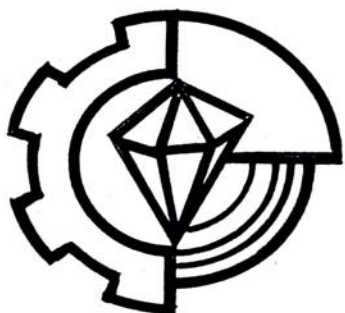
ФИЗИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮ- ТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Е.В. Грисенко,
В.П. Ларшин, А.А. Якимов, Г.В. Новиков,**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЫСОКОТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ ГИДРО- И ПНЕВМОАППАРАТУРЫ

*Под общей редакцией
проф. А.В. Якимова*

Одесса ОНПУ 2006



ФИЗИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮ- ТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Е.В. Грисенко,
В.П. Ларшин, А.А. Якимов, Г.В. Новиков,**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЫСОКОТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ ГИДРО- И ПНЕВМОАППАРАТУРЫ

*Под общей редакцией
проф. А.В. Якимова*

*Допущено Министерством образования и науки
Украины в качестве учебного пособия для сту-
дентов машиностроительных специальностей
(Письмо № 14/18.2–1779 от 13.11.2003 г)*

Одесса ОНПУ 2006

УДК 621.91.002 (075)

Технологические процессы изготовления высокоточных деталей гидро- и пневмоаппаратуры: Учеб. пособие / А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Е.В. Грисенко, В.П. Ларшин, А.А. Якимов, Г.В. Новиков. Под общ. ред. проф. А.В. Якимова. – Одесса: ОНПУ, 2006. – 328 с. (Физические и компьютерные технологии)

В учебном пособии рассмотрены основные принципы изготовления высокоточных деталей гидро- и пневмоаппаратуры.

Акцентируется внимание на обеспечение точности и качества обрабатываемых деталей, выбор баз и оптимизацию технологических процессов механической обработки.

Учебное пособие предназначено для студентов, аспирантов и преподавателей ВУЗов машиностроительных специальностей.

Ил. 119, табл.56, библиогр. 9 наим.

ISBN 966-549-817-8

Рецензенты: В.И. Марчук, д-р техн. наук, проф.
В.Г. Лебедев, д-р техн. наук, проф.
А.Н. Подкорытов, д-р техн. наук, проф.

© Якимов А.В.,
Новиков Ф.В.
Грисенко Е.В. и др.
2006

ПРЕДИСЛОВИЕ

Развивающееся на Украине машино- и приборостроение требует широкого производства точной аппаратуры для командоаппаратов и исполнительных механизмов. Пневмогидравлическое оборудование, узлы теплосилового и газового хозяйства предприятий, котельные, транспортные устройства, автоматические технологические линии, системы питания топливом автотракторных, стационарных двигателей снабжены разнообразными золотниками, плунжерными и распылительными парами, клапанами, кранами, вентилями, задвижками и другими устройствами, имеющими детали с точными цилиндрическими, коническими, плоскими и фасонными сопряженными поверхностями.

Особенностью указанных деталей является высокая точность размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, а также высокая шероховатость поверхности 9 - 13 классов. Это необходимо для обеспечения заданной гидроплотности, осуществления впрыска порций жидкости за время, исчисляемое в сотых и тысячных долях секунды, создания высоких давлений в системах.

Одним из путей дальнейшего совершенствования конструкций машин и механизмов является повышение качества изготовления ответственных узлов и деталей, определяющих основные характеристики изделий.

Выполнение технических требований на изготовление таких узлов возможно при использовании современной технологии, оборудования и широкой механизации производственных процессов.

В учебном пособии приводятся технологические процессы изготовления наиболее типичных представителей изделий точного аппаратуростроения, обладающих рядом общих технологических и конструктивных признаков.

Учебное пособие является продолжением серии работ под общим названием “Физические и компьютерные технологии”, подготовленное участниками постоянно действующей Международной научно-технической конференции “Физические и компьютерные технологии”, проходящей в г. Харькове на базе ХНПК “ФЭД”. Серия работ выполнена в форме учебных пособий и предназначена для студентов, аспирантов и специалистов, занимающихся проблемами физических и компьютерных технологий. Их цель - приблизить последние достижения науки и техники к студенческой аудитории, сделать их достоянием многих и многих тысяч юношей и девушек, которые решили посвятить себя благородному делу - развитию отечественного машиностроительного комплекса.

Приведенный в работе материал может быть использован при выполнении студентами курсовых и дипломных проектов, а также при проведении научно-исследовательских работ по созданию новых эффективных технологических процессов изготовления высокоточных деталей гидро- и пневмоаппаратуры.

*А.В. Якимов и Ф.В. Новиков, сопредседатели
Оргкомитета Международной научно-
технической конференции “Физические и
компьютерные технологии”*

ВВЕДЕНИЕ

К технологии машиностроения относятся все этапы процесса изготовления машиностроительной продукции. Однако, сложившееся понятие "технология машиностроения" обозначает преимущественно процессы механической обработки заготовок для изготовления деталей и сборки машин. Это объясняется тем, что в машиностроении заданные формы деталей с требуемой точностью их параметров и необходимым качеством поверхностного слоя достигаются в основном путем механической обработки.

В процессе механической обработки возникает наибольшее число проблем, связанных с выполнением требований к качеству машин, заданных конструктором. Процесс механической обработки реализуется достаточно сложной технологической системой, включающей в себя металлорежущий станок, станочную оснастку, режущий инструмент и заготовку. Это объясняет направление развития "технологии машиностроения" как научной дисциплины в первую очередь в сторону изучения технологии механической обработки со снятием стружки и сборки.

В настоящем учебном пособии рассмотрены вопросы построения наиболее рациональных технологических процессов изготовления деталей машин на основе стандартов по технологической подготовке производства.

Разработку технологического процесса изготовления любой детали следует начинать с глубокого изучения ее служебного назначения и критического анализа норм точности и других технических требований. Далее в последовательности, определенной соответствующими стандартами и с учетом количественного выпуска (типа производства), разрабатывается технологический процесс. Это связывает технологию со служебным назначением детали и обеспечивает согласованность решений, принимаемых на различных этапах технологической подготовки.

Настоящее учебное пособие посвящено разработке технологических процессов изготовления высокоточных деталей гидро- и пневмоаппаратуры, получивших широкое практическое применение. Основное внимание уделено методам механической обработки, так как они преобладают в технологическом процессе изготовления указанных деталей. Акцентируется внимание на обеспечении точности и качества обрабатываемых деталей, выбор баз и оптимизацию технологических процессов механической обработки.

Разделы, посвященные разработке технологических процессов изготовления валов, втулок, корпусных деталей, зубчатых колес и рычагов, изложены по единому плану в соответствии со стандартами разработки и постановки изделий на производство. В основу приняты типовые технологические процессы, прошедшие апробацию в промышленности.

ГЛАВА I

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ТОЧНЫХ СОПРЯЖЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ АППАРАТУРЫ

I.1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ДЕТАЛЯМ

Гидроаппаратура находит широкое применение в различных отраслях народного хозяйства - станкостроении, тракторном, сельскохозяйственном, автомобильном, дорожном, нефтехимическом машиностроении и т.п. Основными изделиями гидроаппаратуры являются устройства бесступенчатого регулирования и дистанционного управления рабочими органами, механизмы навесок сельскохозяйственных орудий, выносные гидроцилиндры, гидроусилители рулевых механизмов и т. п.

Автоматическое регулирование в различных машинах, агрегатах и механизмах осуществляется командоаппаратами и исполнительными устройствами. Основными рабочими органами в них служат регуляторы, распределители и усилители. Регуляторы включают клапаны прямого действия, обеспечивающие поддержание заданных значений различных параметров - давления, расхода, а также клапаны непрямого действия, предназначенные для передачи в регулирующий орган энергии из постороннего источника.

Распределители и усилители управляют величиной и направлением потоков энергетической среды и состоят из золотников, сопл, заслонок, регулируемых дросселей.

К основным механизмам гидроаппаратуры относятся гидропривод и следящий привод копировально-фрезерного станка. Гидропривод состоит из источника механической энергии, насоса, механизма регулирования скорости гидродвигателя, усилителя обратной связи. Гидроприводы, как правило, применяют в следящих системах автоматического управления и регулирования силовых установок летательных аппаратов, артиллерийских и пусковых установок, в радиолокационных антеннах, моделирующих стендах, автоматических технологических линиях и устройствах, транспортных машинах. Масса гидропривода, отнесенная к единице развиваемой мощности, в 2-3 раза меньше массы генератора постоянного тока. Он характерен быстродействием и плавностью движения. Примерная схема следящего привода копировально-фрезерного станка приведена на рис. I.1.

К точным узлам и деталям гидроаппаратуры относятся золотники, гильзы, гидроцилиндры, клапаны, плунжеры, поршни, корпусные детали. На рис. I.2 показана схема точного цилиндрического золотникового распределителя, в котором диаметральный зазор между гильзой и золотником допускается 7 - 10 мкм, а длины рабочих поясков должны быть обработаны с большой точностью. Основным видом пневмоаппаратуры являются компрессорные машины, которые предназначены для перемещения газов и создания давлений. В зависимости от конструкции различают машины поршневые, центробежные, осевые, ротационные и винтовые. Преимущественно используются машины поршневого

типа. В нефтегазовой промышленности компрессорные машины применяют для сбора и местного транспортирования попутного газа, поддержания пластового давления, нагнетания газа в подземные хранилища, сжижения газа.

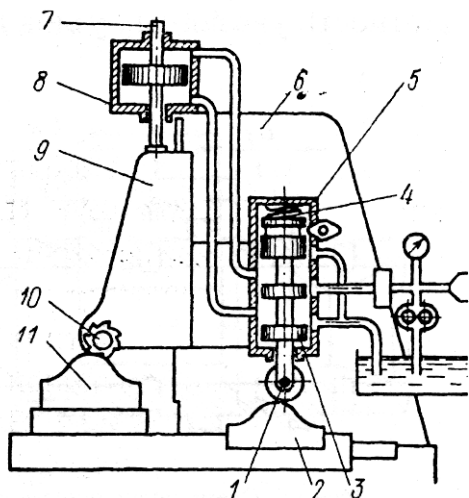


Рис. I.1. Схема следящего привода копировально-фрезерного станка: 1 - ролик следящий; 2 - копир; 3 - золотник; 4 - пружина; 5 - гильза; 6 - стойка; 7 - шток; 8 - гидроцилиндр; 9 - каретка; 10 - фреза; 11 - обрабатываемая деталь.

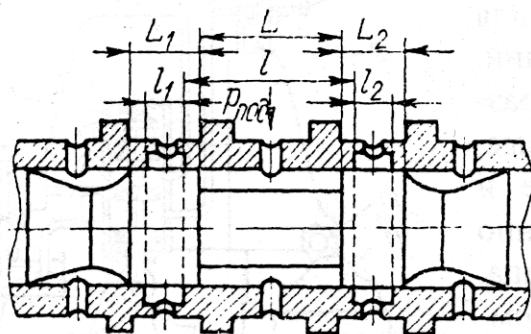


Рис. I.2. Схема цилиндрического золотникового распределителя.

На рис. I.3 приведена схема шестиступенчатого компрессора для сжатия азотоводородной смеси в производстве аммиака и окиси углеводородной смеси в производстве метанола.

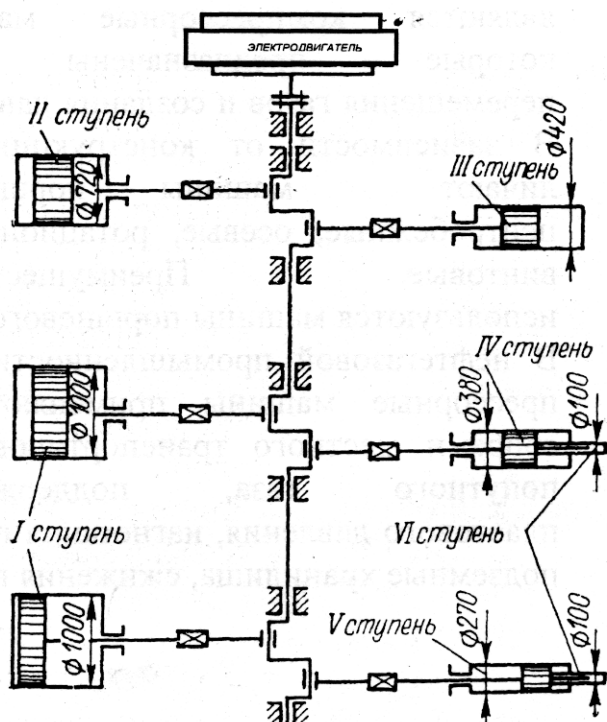


Рис. I.3. Схема шестиступенчатого компрессора.

В качестве привода используется двигатель трехфазного тока мощностью 5000 кВт, частота вращения вала 3000 об/мин, конечное давление компрессора 320 кгс/см, производительность компрессора 18600 м³/ч.

К точным деталям пневмоаппаратуры относятся клапаны, пластины, седла, гильзы цилиндров.

Энергетическая аппаратура и арматура используются в энергетических установках, паровых котлах и турбинах для автоматического регулирования и дистанционного управления технологическими процессами, в нефтехимической промышленности при переработке

и транспортировке жидкости, пара и газа. С помощью арматуры производят включение и выключение участков трубопроводов, изменяют расход, давление и направление движения энергетической среды, отделяют воздух и газ от масла.

В зависимости от назначения арматура, состоящая из исполнительного устройства и привода, бывает запорная, распределительная, регулирующая, предохранительная, перепускная, обратного действия, аварийная, отсекая, конденсатоотводящая и др. В зависимости от конструктивных особенностей исполнительных устройств различают следующие типы арматуры: вентильный, задвижечный, захлопочный, заслоночный, крановый, золотниковый.

Точными узлами энергетической аппаратуры и арматуры являются задвижки, вентили, краны, золотники, клапаны, которые содержат детали с точными сопряженными поверхностями. Обеспечение гидравлической плотности указанных узлов возможно при наличии контактирующих притертых металлических поверхностей или с помощью пластичных материалов.

Аппаратура подачи топлива бензиновых двигателей (автомобильных, мотоциклетных, велосипедных и др.) должна обеспечивать высокие мощностные показатели, минимальный расход топлива, не служить причиной загрязнения окружающего воздуха отработавшими газами и парами топлива. Важные требования, предъявляемые к топливной системе, - долговечность работы и надежность в эксплуатации, максимальная безопасность в пожарном и санитарном отношении.

Системы питания различных бензиновых карбюраторных двигателей существенно не отличаются друг от друга - они более сложны в автомобильных двигателях и максимально упрощены в велосипедных.

Схема системы питания автомобильного двигателя представлена на рис. I.4. Топливо из бака 1 через топливопровод 3 и фильтр-отстойник 2 самотеком поступает в насос 4, откуда под определенным избыточным давлением через фильтр тонкой очистки 5 подводится к карбюратору 8. Для очистки воздуха предусмотрен воздухоочиститель 6. Горючая смесь образуется в карбюраторе и впускном трубопроводе 9 и направляется в цилиндры двигателя 10. В схеме также предусмотрен глушитель шума впуска 7.

Карбюратор - основной элемент системы питания - служит для приготовления горючей смеси определенного состава и ее подачи в цилиндры двигателя в количестве, определяемом режимом работы двигателя.

Существует много конструктивных разновидностей карбюраторов. В зависимости от расположения осей главного воздушного канала и поплавковой камеры различают карбюраторы вертикальные и горизонтальные, от направления потока горючей смеси - с падающим и горизонтальным

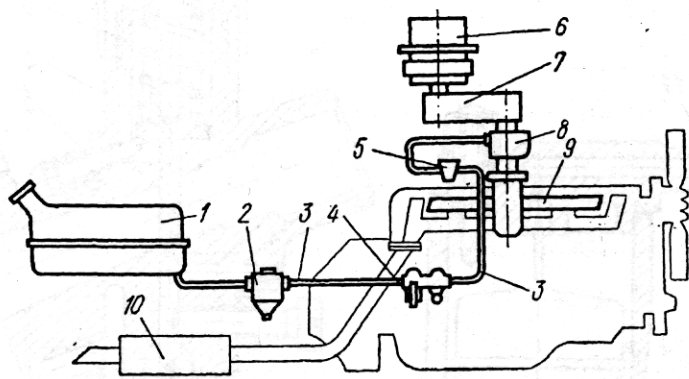


Рис. I.4. Схема системы питания автомобильного двигателя.

потоком, от количества цилиндров в двигателе - одно-, двух-, четырехкамерные и др.

На рис. 1.5 приведена схема простейшего карбюратора К-34, устанавливаемого на двигатель Д-4 мотовелосипеда.

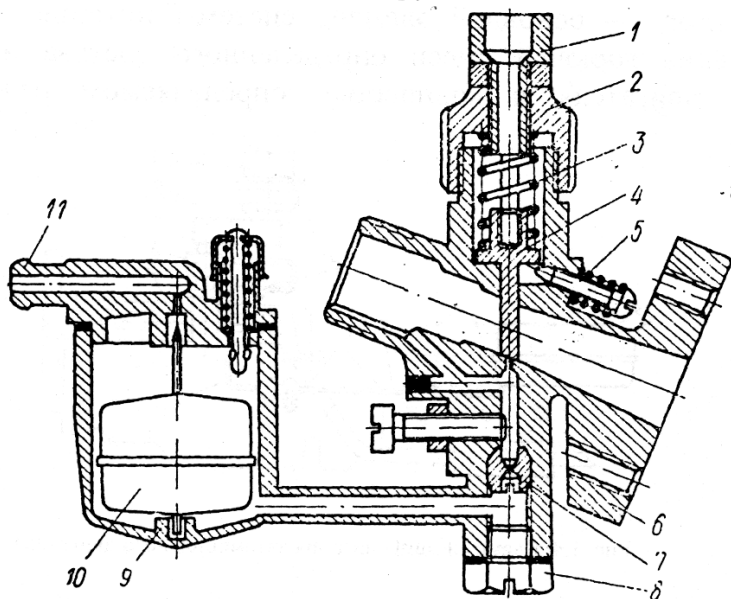


Рис. 1.5. Схема карбюратора К-34 мотовелосипеда: 1 - упор оболочки троса управления дросселем; 2 - крышка корпуса; 3 - пружина; 4 - плоский дроссель; 5 - винт; 6 - корпус; 7 - главный жиклер; 8 - пробка; 9 - поплавковая камера; 10 - пластмассовый поплавок; 11 - штуцер.

Топливный насос предназначен для подачи топлива из бака в карбюратор. Топливные насосы применяются в тех системах, где топливные баки расположены ниже карбюратора или двигатель может менять свое положение в пространстве (мотопилы, лодочные моторы и др.). Большинство отечественных бензиновых двигателей снабжается топливными насосами диафрагменного типа с механическим приводом.

Насосы, предназначенные для V-образных двигателей, приводятся в действие от эксцентрика распределительного вала через штангу, а насосы для обычных линейных двигателей работают

непосредственно от эксцентрика.

Для очистки топлива от механических загрязнений применяют фильтры-отстойники и фильтры тонкой очистки.

Магистральный фильтр-отстойник представляет собой чугунную крышку, соединенную со стальным штампованным стаканом.

Внутри стакана установлен центральный стержень, на который надето около 170 штук алюминиевых или латунных фильтрующих пластин толщиной 0,14 мм. На поверхности каждой из пластин имеется 28 выступов высотой 0,05 мм, в результате чего в собранном пакете образуются зазоры. Крупные частицы загрязнения и вода оседают на дне стакана, а мелкие задерживаются фильтрующим элементом.

У фильтра тонкой очистки топлива фильтрующим элементом является мелкоячеистая сетка либо керамический фильтрующий элемент, позволяющие значительно повысить тонкость отсева механических частиц.

Очистка воздуха от механических загрязнений производится с помощью воздухоочистителей, которые в зависимости от принципа работы подразделяют на инерционные, инерционно-масляные, со сменным фильтрующим элементом и с сухой фильтрующей перегородкой. Наибольшее распространение в автомо-

бильных двигателях получили инерционно-масляные воздухоочистители, в которых крупные частицы пыли при изменении направления потока воздуха по инерции продолжают прямолинейное движение, где и улавливаются сеткой, смоченной маслом.

Насколько велико значение воздухоочистителя, можно судить по тому, что при движении автомобиля ГАЗ-51 со средней скоростью по пыльной грунтовой дороге за каждые 100 км пути в его двигатель (при отсутствии воздухоочистителя) может попасть около 30 г пыли. Наличие воздухоочистителей позволяет уменьшить износ деталей двигателя на 15 - 20% при работе в обычных условиях и на 50 - 100% в условиях значительной запыленности.

Назначение топливного бака и глушителей шума не нуждается в пояснении.

К числу наиболее точных и сложных в изготовлении элементов системы питания бензиновых двигателей относятся карбюраторы и топливные насосы, а также их детали и узлы. Вопросы, связанные с их изготовлением, рассмотрены в главе V.

Аппаратура подачи топлива дизельных двигателей в значительной мере определяет важнейшие показатели их работы: мощность, экономичность, надежность, уровень шума, дымность и токсичность отработавших газов и др.

В настоящее время на автомобильных, тракторных, комбайновых и других дизельных двигателях применяются преимущественно отдельные топливные системы с механическим распыливанием топлива, в которых насос и форсунка конструктивно выполнены отдельно и соединены трубопроводом высокого давления.

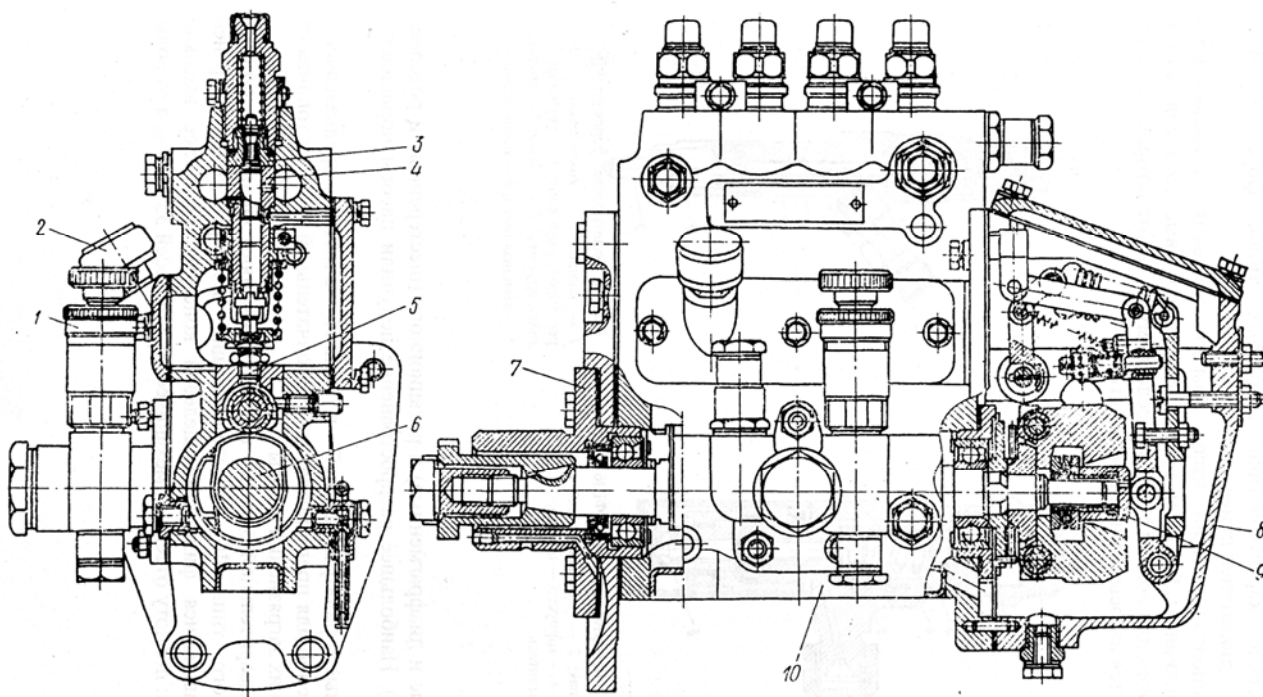


Рис. 1.6. Разрядный четырехсекционный топливный насос УТН-5: 1 - насос ручной подкачки; 2 - сапун; 3 - нагнетательный клапан; 4 - плунжерная пара; 5 - толкатель; 6 - кулачковый вал; 7 - установочный фланец; 8 - корпус регулятора; 9 - муфта регулятора; 10 - корпус насоса.

Основные узлы отдельной топливной системы: топливный бак, фильтры грубой и тонкой очистки топлива, подкачивающий насос, топливный насос с регулятором, форсунка.

Топливный насос высокого давления служит для подачи к форсункам под высоким давлением точно дозированного количества топлива в определенные промежутки времени. Регулятор скорости насоса автоматически поддерживает заданный скоростной режим двигателя при изменении нагрузки.

Топливные насосы в зависимости от количества насосных элементов разделяют на одно- и многоплунжерные, а по способу распределения топлива - на рядные и распределительные.

Конструкция рядного многоплунжерного топливного насоса УТН-5 показана на рис. I.6.

Таблица I.1

Технические характеристики топливных насосов

Характеристика	ТН		УТН		ЯМЗ			НД-21	НД-22
	Количество плунжеров								
	4	4 (с малогабаритным регулятором)	4	6	6	8	12	1	2
Тип насоса, исполнение	Рядный, Б		Рядный, А		Рядный, Б			Распределительный	
Расстояние между осями соседних секций, мм	40		32		40			-	
Габарит, мм:									
длина (от плоскости привалочного фланца)	473 (350)	425 (300)	363 (290)	426 (353)	542	600	800	193 (216)	280/305
ширина	179	173	174	174	185	185	185	165	165
высота	279	288	284	284	300	300	300	245	245
Масса с корпусом, кг:									
чугунным	29	26	-	-	-	-	-	-	-
алюминиевым	25	-	14,0	18,5	24	29	40	6,4 (7,1)	8,4 (9,2)
			с муфтой опережения					с привалочным фланцем	
Диаметр и ход плунжера, мм	8,5x10,0		8,5x8,0		9,0x10,0			(8-10)x(6-8)	
Крепление насоса	Фланцевое		Фланцевое		За приливы в корпусе			Фланцевое	
Технический моторесурс, ч	5000-6000		6000		6000-7000			5000	
Примечания: Все насосы с механическим центробежным всережимным регулятором. Направление вращения кулачкового вала правое. Топливоподкачивающий насос поршневого типа.									

Основные технические характеристики наиболее распространенных топливных насосов, устанавливаемых на автотракторных дизельных двигателях, приведены в табл. I.1.

Форсунка предназначена для впрыска топлива в камеру сгорания цилиндра двигателя, табл.1.2. При этом должны быть обеспечены мелкий распыл и четкая отсечка топлива, его равномерное распределение и точное направление.

Различают форсунки закрытого и открытого типов. В форсунках закрытого типа предусмотрено запирающее устройство в виде клапана или иглы непосредственно перед сопловыми (распыливающими) отверстиями распылителя, а форсунки открытого типа такого запирающего устройства не имеют. Наибольшее распространение получили закрытые форсунки, которые в зависимости от типа распылителя подразделяются на штифтовые и бесштифтовые.

Штифтовая и бесштифтовая форсунки, используемые в топливных системах тракторных двигателей, показаны на рис. I.7 и рис. I.8.

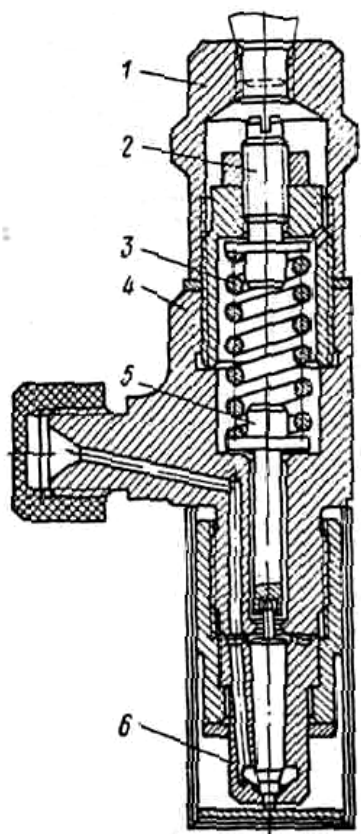


Рис. I.7. Штифтовая форсунка ФШ6-2х25⁰: 1 - колпак; 2 - регулировочный винт; 3 - пружина; 4 - корпус; 5 - штанга; 6 - распылитель.

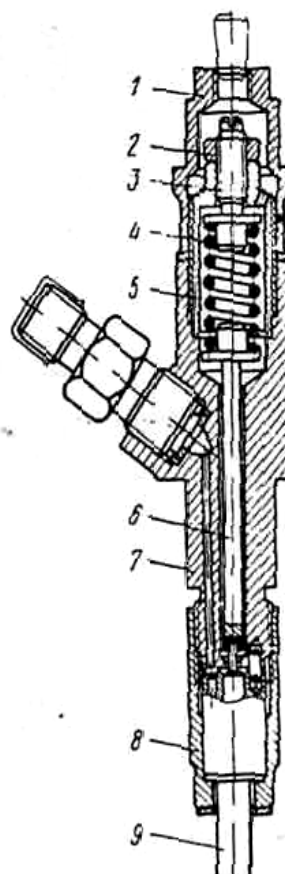


Рис. I.8. Бесштифтовая форсунка ФД-22: 1 - колпак; 2 - контргайка; 3 - регулировочный винт; 4 - пружина; 5 - гайки пружины; 6 - штанга; 7 - корпус; 8 - накидная гайка; 9 - распылитель.

Топливоподкачивающий насос низкого давления устанавливается между топливным баком и топливным насосом высокого давления и предназначен для подачи топлива последнему. В автотракторных дизелях применяются насосы

циклического действия (поршневые и диафрагменные) и ротационного (шестеренные и роторно-лопастные). Наибольшее распространение получили насосы поршневого типа.

Топливные фильтры грубой и тонкой очистки предназначены соответственно для предварительной и окончательной очистки топлива от механических загрязнений и воды.

Для предварительной очистки топлива применяют фильтры отстойно-инерционного типа ФГ, обеспечивающие, по сравнению с ранее использовавшимися фильтрами щелевой конструкции, более высокие показатели: полноту отсева от механических примесей 35-40%, а от воды 70-80%.

Таблица I.2

Технические характеристики форсунок

Тип и модель форсунки	Тип распылителя	Количество распыляющих отверстий	Диаметр распиливающих отверстий, мм	Подъем иглы распылителя, мм	Давление начала впрыска, кгс/см ²	Тип топливного насоса	На какие двигатели устанавливают форсунки
Штифтовая ФШ6-2Х25°	РШ6-2Х25°	1	2	0,32-0,42	130 ⁺⁵	ТН8,5Х10УТН	Д-50; Д-40; Д-48; Д-40К; Д-40М; Д-48; Д-54; Д-54А; Д-35; Д-36; Д-28
Бесштифтовая 6Т2-20с7	7Т2-20С2Е	3	0,33 ^{+0,05}	0,27-0,34	170 ⁺¹⁵	То же	Д-37М
Бесштифтовая 6А1-20с1	6А1-20с2	4	0,32 ^{+0,02}	0,27-0,34	150 ⁺⁶	ТП9Х10	ДМ-41
Бесштифтовая ЯМЗ-236	236.1112 110-Б	4	0,34 ^{+0,01}	0,28-0,38	160 ⁺⁵	-	ЯМЗ-236
Бесштифтовая ФД-22	111.1112 110-А	4	0,30 ^{+0,35}	0,28-0,35	170 ⁺⁵	НД-21	СМД-14Н

Для окончательной очистки топлива используют фильтры с фильтрующими элементами из специальной бумаги БФДТ (взамен элементов из хлопчатобумажной пряжи), отличающиеся высокой эффективностью очистки топлива - тонкость отсева 2-3 мкм, полнота отсева 97-98%. Срок службы бумажных элементов 1500 ч. В настоящее время получили распространение двухступенчатые конструкции фильтров тонкой очистки топлива.

Из всех рассмотренных узлов топливной системы наиболее высокой точностью изготовления отличаются топливные насосы и форсунки, в состав которых входит значительное количество точных деталей, в том числе прецизионные пары - плунжерные, клапанные и распылительные.

Плунжерная пара - узел топливного насоса, предназначенный для дозирования и подачи топлива под высоким давлением. Количество плунжерных пар в топливных насосах равно количеству насосных секций.

Плунжерные пары рядных топливных насосов (рис. I.9) состоят из двух прецизионных деталей: подвижной - плунжера 2 и неподвижной - втулки 1. Плунжерные пары распределительных топливных насосов (рис. I.10) имеют три прецизионные детали: плунжер 2, втулку 1 и дозатор 3, который служит для изменения цикловой подачи топлива. Длину прецизионной части плунжерных пар в отечественных топливных насосах принимают равной 5 - 6,5 диаметра.

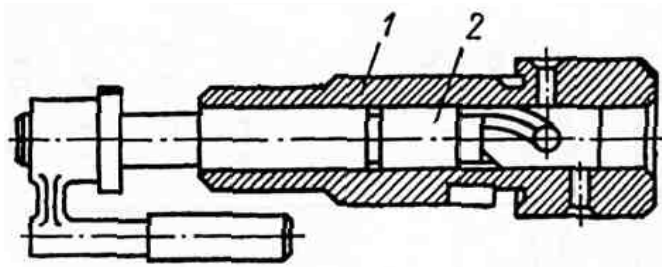


Рис. I.9. Плунжерная пара рядного топливного насоса.

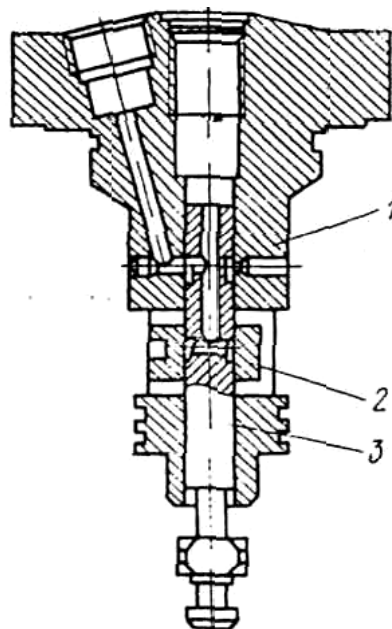


Рис. I.10. Плунжерная пара распределительного топливного насоса.

Высокая точность обработки рабочих поверхностей прецизионных деталей в плунжерных парах насосов распределительного типа вызвана стремлением обеспечить: хорошие показатели процесса топливоподачи на всех режимах работы двигателя, в том числе и на пусковом; малую степень неравномерности подач на различных режимах и при частичных подачах топлива; длительный срок службы. Плунжерные пары должны также гарантировать, герметичность стыка между торцами втулки с одной стороны и седла клапана или головки насоса с другой. В связи с этим, неплоскостность торцов не должна превышать 0,0006 мм, а шероховатость поверхности должна соответствовать 10-му классу.

Гарантированное уплотнение стыка торцовых поверхностей достигается при удельных давлениях 20000 - 21000 кГс/см² (табл. I.3), достигаемых при затяжке резьбовых соединений.

Клапанная пара или нагнетательный клапан топливного насоса высокого давления - узел, разделяющий топливопровод высокого давления и надплунжерное пространство. Различают нагнетательные клапаны с наружным запорным конусом и внутренним (рис. I.11).

Таблица I.3

Параметры торцовых уплотнений

Базовые модели насосов	Уплотняемые поверхности	Момент затяжки резьбового соединения, кГс·см	Осевое усиление в резьбовом соединении, кГс	Площадь стыкуемых поверхностей, см	Удельное давление, кГс/см ²
УТН УТН-5 ЯМЗ-236	Торец втулки, торец седла (нагнетательного) клапана	1200	60000	2,9	20000
НД 21/4 НД 22/6	Торец втулки Торец головки	2300	140000	6,5	21000

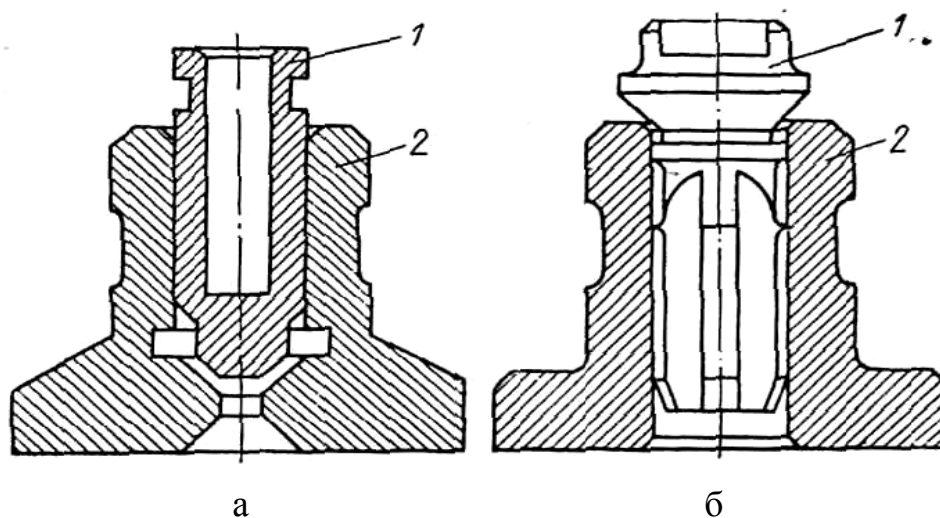


Рис. I.11. Клапанные пары с наружным (а) и внутренним (б) запорным конусом: 1 - седло клапана; 2 - клапан.

Наличие в нагнетательном клапане разгрузочного пояса позволяет понизить давление в топливопроводе высокого давления за счет увеличения объема.

Распылительная пара - узел форсунки, осуществляющий распыливание и формирование струй впрыскиваемого топлива.

По принципу работы распылители, как и форсунки, подразделяются на открытые и закрытые, по числу отверстий - на одно- и многодырчатые, по конструктивным особенностям запорной части иглы - с конической формой запорной части и с плоским седлом.

Точные детали и узлы аппаратуры изготавливают в условиях индивидуального, серийного и массового производства. Особенно велик объем производства топливной аппаратуры бензиновых и дизельных двигателей, где потребности народного хозяйства в некоторых изделиях исчисляются миллионами штук в год.

Особенности и характер крупносерийного и массового производства предъявляют определенные требования к выбору методов обработки и видов оборудования. В числе важнейших требований - стабильность технологического процесса при условии высокой производительности отдельных операций и выполнения заданных технических условий, а также простота обслуживания рабочего места.

При изготовлении деталей аппаратуры с точными сопряженными поверхностями используют стали, чугуны, цветные металлы и сплавы; в ряде случаев находят применение редкие металлы, а также полимеры, эластомеры и другие неметаллические материалы.

Однако наиболее широкое распространение получили высоколегированные и инструментальные марки сталей, обеспечивающие после термической и химико-термической обработки высокую износостойкость.

Термическая обработка является важнейшей технологической операцией, определяющей износостойкость деталей, сопротивление к циклическим и контактным нагрузкам, надежность и долговечность в эксплуатации. Для большинства термообрабатываемых деталей особое значение приобретает качество поверхностного слоя, которое зависит от способа и режима термообработки и применяемого оборудования.

После термообработки твердость сталей должна быть $HRC\ 40 - 65$ и более, чугуна $HB\ 100$, титана $HB\ 100 - 120$, бронзы $HB\ 200 - 240$. Предел прочности на растяжение допускается $\sigma_g = (55 - 200) \cdot 10^3\ Н/см^2$; предел текучести $\sigma_m = (33 - 170) \cdot 10^3\ Н/см^2$; относительное удлинение $\delta = 25 - 5\%$.

Чугуны используют при рабочих давлениях до $10^3\ Н/см^2$; в основном применяется серый конструкционный чугун СЧ 21 - 40. Для корпусных и силовых элементов узлов, испытывающих большие давления, используют чугуны с шаровидным графитом, которые имеют плотную и компактную структуру.

Прецизионные детали топливной аппаратуры изготавливают также из износостойких, коррозионностойких сталей с высокой циклической и ударной сопротивляемостью.

В табл. I.4 приведены основные материалы для изготовления точных деталей аппаратуры, а в табл. I.5 - режимы термической обработки золотниковых и дроссельных пар и сопел из сталей различных марок.

Таблица I.4

**Основные материалы, применяемые для изготовления
точных деталей аппаратуры**

Марка металла	Гидроаппаратура						Топливная аппаратура ди- зельных двигателей	Топливная аппаратура бензиновых двигателей	Пневно-аппаратура	Энергитическая аппаратура
	Золотник	Гильза	Плунжер дросселя	Сопло	Корпус дросселя	Другие детали				
Сталь										
20Л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
25Л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
35Л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Ст6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
45	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+
15X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
15XMA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
20X	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
40X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
X5M	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
30XMA	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
30XH3A	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
30X3BA	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
45	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
У10А	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
ШХ15	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
ХВГ	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-
15ХА	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
12ХН3А	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
2Х13	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
15Х2ГН2ТРА	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-
1Х17НД	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-
12ХН2М	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
38ХМЮА	+-	+	+	-	-	-	+	-	-	-
18ХНВА	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
18Х2Н4ВА	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-

Продолжение табл. I.4

18X2H4MA	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
25X5M	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
P18	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
P9	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
P9Φ5	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
9X18	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-
35XГСА	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
37XH3A	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
50XΦA	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
3MΦA	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
1X18H9T	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+
2X18H9	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+
X18H12M3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
X18HГ4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
3X13	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+
38XΦЮA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
38XA	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
XMA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
12X1MΦ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
15XH9Ю	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
40XXΦA	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
15XH9Ю	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
30XГСА	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
25X5MA	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
P6M5	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
18XГT	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
1X18H9	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
20XH4ΦA	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Латунь										
Л62	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Л68	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
ЛК80-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
ЛК80-3Л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
ЛС59-1Л	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+
Бронза										
БрАХ10-4-4	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
БрОФ10-1	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
БрОЦС3-12-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
БрОЦСН3-7-5-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
БраМц9-2Л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+

Продолжение табл. I.4

Медь										
М2; М3	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Чугун	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
СЧ21-40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
СЧ12-32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
СЧ28-48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
СЧ32-52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
ВЧ40-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
ВЧ40-50-1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Алюминиево-магниевые сплавы										
ЦАМ4-1	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
АЛ9В	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-

Таблица I.5

Режимы термической обработки золотниковых и дроссельных пар и сопл из сталей разных марок

Последовательность операций	ШХ15			ХВГ		
	Температура нагрева, С°	Время выдержки, ч	Охлаждающая среда	Температура нагрева, С°	Время выдержки, ч	Охлаждающая среда
Подогрев	550 ± 10	-	-	550 ± 10	-	-
Закалка	830 ± 10	-	Масло	810 ± 10	-	Масло
Обработка холодом	-70	2	Воздух	-70	2	Воздух
Отпуск	160 ± 20	4	«	180 ± 10	4	«
Старение в масляной ванне	140 ± 10	24	«	140 ± 10	24	«
Последующая механическая обработка	-	-	-	-	-	-
Старение в масляной ванне	140 ± 10	24	Воздух	140 ± 10	24	Воздух
<i>HRC</i>	56-60			58-64		
Цементация на глубине 0,7-1,0 мм	925 ± 10	5-6	Воздух	925 ± 10	5-6	Воздух

Продолжение табл. I.5

Отпуск	650±10	3	«	650±10	3	«
Последующая механическая обработка	-	-	-	-	-	-
Подогрев	-	-	-	-	-	-
Закалка в соляной ванне	790±10	-	Масло	950±10	-	Воздух
Промывка в горячей воде	-	-	-	-	-	-
Обработка холодом	-70	1	Воздух	-70	1	Воздух
Отпуск	160±10	3	«	160±10	3	«
Последующая механическая обработка	-	-	-	-	-	-
Старение в масляной ванне	140±10	24	Воздух	140±10	24	Воздух

Примечания:

1. Твердость азотированной поверхности по Виккерсу 1000 - 1050 для стали 2Х13;
2. Твердость цементируемой поверхности *HRC* 58-62, сердцевины *HRC* 28 - 42.

9Х18			2Х13			33ХМЮА		
Температура нагрева, С°	Время выдержки, ч	Охлаждающая среда	Температура нагрева, С°	Время выдержки, ч	Охлаждающая среда	Температура нагрева, С°	Время выдержки, ч	Охлаждающая среда
820±10	-	-	850±10	-	-	-	-	-
1055±5	-	Воздух	1030±10	-	Масло	940±10	940±10	Масло
-70	1	«	-	-	-	630±30	630±30	Воздух
160±10	3	«	160-320	3	Воздух	140	140	«
140±10	24	«	140	24	«	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-140	-140	Воздух
140±10	24	Воздух	140	24	Воздух	-	-	-
55-60			-			-		
925±10	5-6	Воздух	925±10	5-6	Воздух	950±10	950±10	Воздух
650±10	3	«	650±10	3	«	670±10	670±10	«
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	850-900	850-900	-
790±10	-	Масло	820±10	-	Масло	1020±10	1020±10	Масло
-70	1	Воздух	-	-	-	-70	-70	Воздух
160±10	3	«	160±10	3	Воздух	160±10	160±10	«
-	-	-	-	-	-	-	-	-
140±10	24	Воздух	140±10	24	Воздух	140±10	140±10	Воздух
1000-1100 для стали 38ХМЮА								

1.2. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СОПРЯЖЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

В данном параграфе рассмотрены прогрессивные типовые схемы обработки точных сопряженных поверхностей деталей аппаратуры, определяющие структуру технологического процесса изготовления деталей и узлов в целом.

Обработка точных отверстий $D\ 5 - 12$ мм. В деталях прецизионных пар имеются отверстия малого диаметра (12 мм) и значительной длины (отношение длины к диаметру 5:10), к обработке которых предъявляют жесткие технические требования. Так, изогнутость оси не должна превышать 0,0003 - 0,0005 мм, некруглость 0,0001 - 0,0002 мм, точность диаметра 0,01 - 0,02 мм, а шероховатость поверхности должна быть 11 - 12-го классов.

Одним из важнейших и наиболее трудно осуществимых технических требований является обеспечение высокой прямолинейности оси отверстия, без чего невозможно произвести сборку деталей прецизионной пары с малым диаметральной зазором (в ряде случаев 0,0002 - 0,0004 мм).

При сверлении отверстий спиральными сверлами возникают значительные трудности, вызванные конструктивными недостатками инструмента, изогнутость оси оказывается значительной (около 0,1 мм), а класс шероховатости поверхности низким (4 - 5-й), что вынуждает удалять большой припуск для устранения погрешностей обработки.

При работе спирального сверла вследствие неравенства сил на его режущих кромках происходит «разбивание» отверстий и увод инструмента от оси детали, чему в известной степени способствует и наличие перемычки. Недостаточный объем стружечных канавок, а также отсутствие организованного принудительного отвода стружки вынуждает периодически выводить сверло из отверстия, что значительно усложняет процесс. Из-за недостаточной подачи смазывающе-охлаждающей жидкости (СОЖ) в зону обработки стойкость спирального сверла низкая.

Повышение точности обработки отверстий в незакаленных деталях может быть достигнуто за счет применения специальных сверл одностороннего резания - ружейных, обладающих рядом преимуществ перед спиральными при сверлении глубоких отверстий малого диаметра.

Ружейное сверло (рис. 1.12) для сверления точных отверстий в прецизионных деталях выполняется цельным, оснащенным тремя пластинками твердого сплава (одной режущей и двумя опорными).

Оптимальным режимом обработки ружейным сверлом отверстий $D\ 5 - 12$ мм в деталях из сталей ХВГ, ШХ15 и 25Х5М является: $v = 40 - 60$ м/мин; $S = 0,015 - 0,03$ мм/об. Дальнейшее повышение скорости резания снижает стойкость инструмента. Необходимым условием качественного сверления является соблюдение неравенства горизонтальных составляющих усилия подачи, обуславливающего прижим сверла к стенке отверстия со стороны опорной пластинки. Это достигается за счет смещения вершины сверла от его оси на величину $(0,2 - 0,3) \cdot D$ и неравенства углов в плане. Значительное увеличение подачи сверла (в 1,5 - 2 раза) может быть достигнуто при сообщении инструменту осевых вибраций. Технологический процесс вибросверления ружейными сверлами рассмотрен в главе IX.

Сравнительные данные, характеризующие точность обработки отверстий (диаметром 5 - 12 мм, длиной 50 - 60 мм) прецизионных деталей спиральными и ружейными сверлами, приведены в табл. I.6.

Таблица 1.6

Точность обработки при сверлении отверстий спиральными (I) и ружейными (II) сверлами

Погрешность обработки	I	II
Точность диаметра, мм	0,1 - 0,15	0,03 - 0,05
Изогнутость оси, мм	0,1	0,003 - 0,005
Погрешности формы в поперечном сечении, мм	0,03 - 0,05	0,003 - 0,005
Увод сверла от оси детали, мм	0,2 - 0,3	0,1
Шероховатость поверхности, класс	4 - 5	5 - 6

Как видно из таблицы, при сверлении ружейным сверлом достигается более высокая точность обработки.

Специальные станки для сверления ружейными сверлами отверстий в прецизионных деталях отечественной промышленностью не выпускаются.

Фирмы «Нагель» (ФРГ), «Сиг» (Швейцария) и ряд других станкостроительных фирм США, Японии создали специальные многошпиндельные станки с горизонтальным и вертикальным расположением шпинделей для сверления ружейными сверлами глубоких точных отверстий малого диаметра в прецизионных деталях различного назначения.

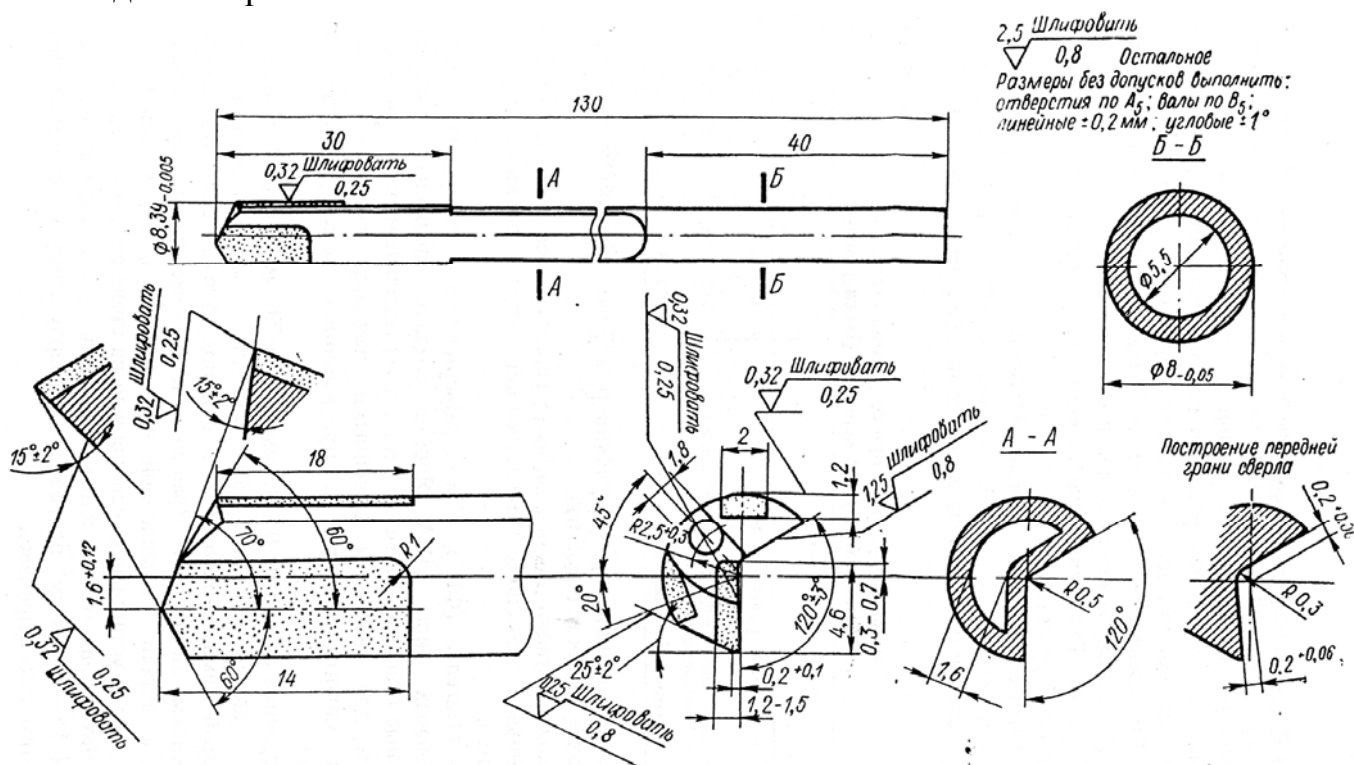


Рис. I.12. Ружейное сверло диаметром 8,39 мм.

Для сверления отверстия $D 6,25$ мм длиной 50 мм в заготовке втулки плунжера автомобильной насос-форсунки модернизирован пятишпиндельный алмазно-расточной станок-полуавтомат с вертикальным расположением шпин-

делей. Вращение и регламентированная подача сообщаются детали, закрепленной при помощи цанги в шпинделе. Ружейное сверло установлено неподвижно на столе станка и направлено вверх. Смазывающе-охлаждающая жидкость - сульфозфрезол - под давлением $15 - 25 \text{ кгс/см}^2$ подводится к сверлу снизу от специального шестеренного насоса производительностью $15 - 20 \text{ л/мин}$. Для предотвращения засорения каналов сверла предусмотрен пластинчатый фильтр с пропускной способностью механических частиц диаметром не более $0,1 \text{ мм}$. Специальный кожух предохраняет рабочего от разбрызгивания смазывающе-охлаждающей жидкости. Работа выполняется по полуавтоматическому циклу: рабочий только устанавливает деталь в патрон, вынимает ее после окончания сверления и удаляет стружку по мере ее накопления. Режим обработки: $V_{рез} = 50 \text{ м/мин}$, $S = 0,15 \text{ мм/об}$. Стойкость сверл между переточками - $100 \dots 120 \text{ мин}$ машинного времени (на $4 - 5 \text{ м}$ длины сверления). Производительность труда - 700 деталей в смену на одном станке.

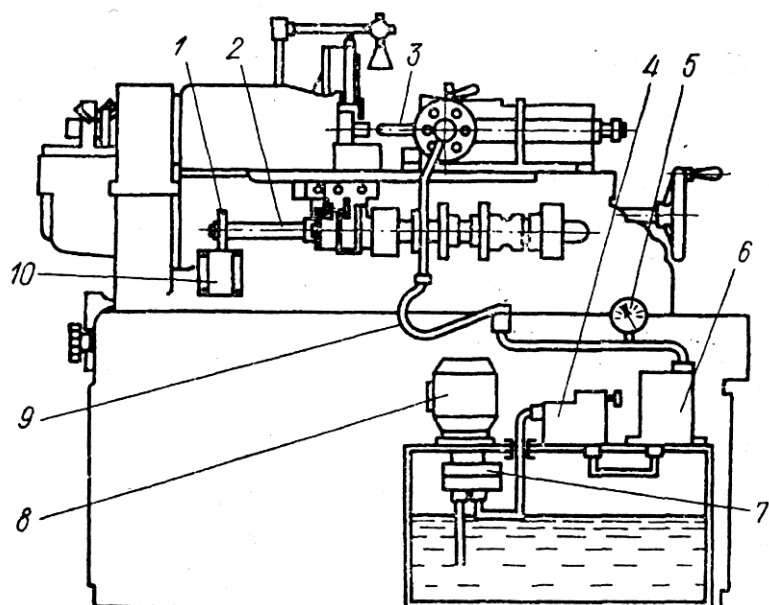


Рис. I.13. Схема модернизированного одношпиндельного токарного автомата 1А-124 для сверления точных отверстий: 1 - кулачок; 2 - удлинитель распределительного вала; 3 - ружейное сверло; 4 - редукционный клапан; 5 - манометр; 6 - пластинчатый фильтр; 7 - шестеренный насос; 8 - электродвигатель; 9 - трубопровод с гибким шлангом; 10 - реле.

Использование ружейных сверл на одно- и многошпиндельных токарных автоматах позволяет полностью автоматизировать процесс обработки. На рис. I.13 приведена схема модернизированного одношпиндельного токарного автомата 1А-124, на котором кроме обработки заготовки по наружному контуру производится сверление отверстия ружейным сверлом. Станок оснащен специальной установкой для подачи СОЖ под давлением, ружейное сверло закреплено в револьверной головке с помощью цангового зажима, подвод жидкости к сверлу осуществляется через канал в револьверной головке. Насос, подающий смазывающе-охлаждающую жидкость, включается во время начала сверления и выключается по его окончании.

Обработка наружного контура заготовки производится обычным способом. Кулачок подачи револьверной головки должен быть изготовлен более точно, особенно тот участок, который осуществляет подачу ружейного сверла.

На одношпиндельных токарных автоматах можно производить и поштуч-

ное сверление заготовок ружейными сверлами. В этом случае подача заготовок в цангу шпинделя происходит автоматически из кассеты, установленной на переднем суппорте станка. При подходе суппорта к шпинделю упор толкает заготовку в цангу шпинделя, которая ее зажимает. Возможна установка многоместного бункера, откуда детали под действием собственного веса будут попадать в кассету.

Для сообщения ружейному сверлу скорости резания 40 - 60 м/мин частота вращения шпинделя станка при выполнении перехода сверления увеличивается до 2000 - 2200 об/мин. Производительность одного автомата 1А-124 при обработке деталей по наружному контуру и сверлении отверстий D 6 - 10 мм длиной 50 - 60 мм составляет 150 деталей в смену.

При использовании многшпиндельных автоматов ружейное сверло устанавливается в инструментальном шпинделе, привод которого модернизирован и обеспечивает повышенную частоту вращения (до 2500 об/мин).

Подвод СОЖ к сверлу под давлением 15 - 20 кГс/см² осуществляется от специальной установки. Вращение заготовки и сверла встречное, что обеспечивает более высокие значения скорости резания и точности обработки.

Для точного направления ружейного сверла в начальный момент обработки заготовки в прутке засверливают отверстие длиной 5 - 8 мм и диаметром, меньшим диаметра сверла на 0,05 - 0,1 мм.

Производительность одного шестишпиндельного автомата при обработке деталей длиной 60 мм и диаметром отверстия 8...10 мм - около 400 деталей в смену. Стойкость ружейного сверла между переточками - 100...120 мин машинного времени.

Сверление ружейными сверлами позволяет решить первую важную задачу - получение точного отверстия на стадии «сырой» обработки, т.е. до закалки деталей на высокую твердость.

Одним из путей интенсификации предварительной обработки отверстий в закаленных деталях является применение алмазного хонингования или алмазной доводки, обладающих значительными преимуществами перед абразивной доводкой притирами. В числе преимуществ алмазной обработки - высокая стойкость режущего инструмента, что позволяет автоматизировать процесс обработки. Так, если стойкость чугунного притира для предварительной доводки отверстий со съемом припуска 0,05...0,1 мм составляет 4 - 5 деталей, то стойкость одного комплекта алмазных брусков или алмазного притира равна 500...1000 деталей, т.е. больше в 100...250 раз. Производительность алмазной обработки выше абразивной доводки в 1,5 - 2 раза.

Алмазное хонингование отверстий в стальных закаленных деталях за рубежом находит довольно широкое применение. Ряд станкостроительных фирм, таких как «Микроматик» (США), «Джон Шипман» (Великобритания), «Нагель» и «Наумбург» (Германия) и другие выпускают одно-, двух- и четырехшпиндельные станки для алмазного хонингования отверстий, оснащенные устройствами для подачи СОЖ под давлением и ее очистки от продуктов обработки, автоматического разжима брусков в оправках (хонах), контроля диаметра отверстия в процессе обработки. Некоторые станки имеют автоматическую

транспортную систему для передачи заготовки от одного шпинделя к другому и оснащены различной блокировочной автоматикой, позволяющей контролировать режимы обработки.

Отечественным станкостроением выпускаются хонинговальные станки моделей 3820-1 и 3820-2 соответственно в одно- и двухшпиндельном исполнении для точной обработки отверстий $D 8 \dots 20$ мм.

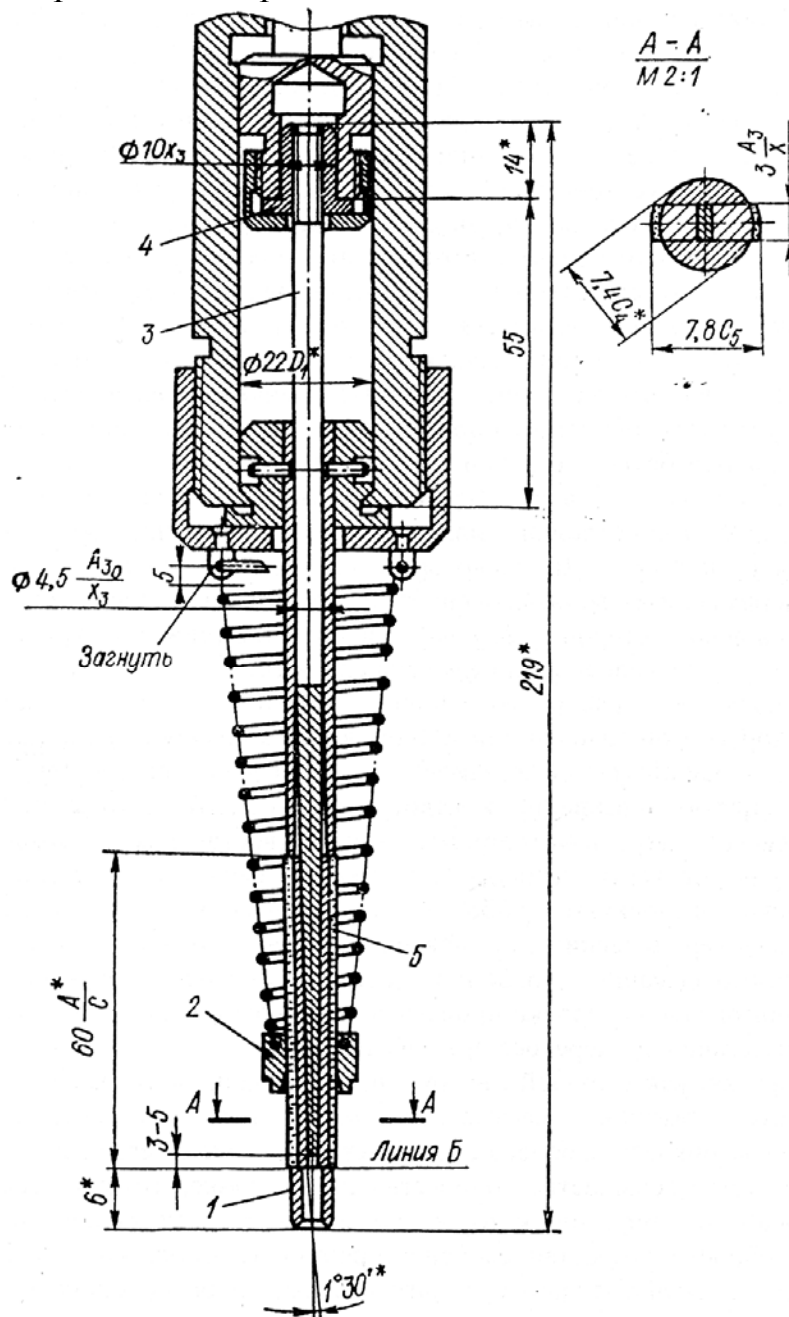


Рис. I.14. Хонинговальная головка для обработки деталей на станках моделей 3820-1 и 3820-2: 1 - стержень; 2 - втулка, предохраняющая бруски от выпадания; 3 - игла; 4 - втулка; 5 - алмазный брусок.

Используемые для обработки отверстий малого диаметра хонинговальные головки или оправки, выполняют обычно двух- или трехбрусковыми. В некоторых случаях находят применение и однобрусковые головки, снабженные опорным башмаком с противоположной стороны бруска для уравнивания уси-

лий резания. Конструкция головки приведена на рис. I.14.

Наиболее распространенной следует считать конструкцию двухбрусковой головки с иглой, имеющей конусность 1 : 50, что при ходе иглы 30 мм обеспечивает износ алмазного слоя брусков на 0,8...1,0 мм.

С целью повышения жесткости инструмента и точности обработки созданы конструкции головок с иглой и хвостовиком из твердого сплава, модуль упругости которого значительно выше, чем у стали. Алмазные бруски выполняют либо с металлическим (стальным), либо с металлокерамическим основанием, на которое напрессовывают алмазосодержащий рабочий слой. Подгонку брусков в пазы хонинговальной головки производят с небольшим зазором (0,01 - 0,02 мм) во избежание их перекоса при работе.

Бруски, как и любой инструмент со связанным абразивом, в процессе работы должны самозатачиваться. Для обеспечения высокой износостойкости рабочего слоя брусков повышают его твердость. Однако при этом уменьшается количество пор в связке, что является причиной засаливания брусков, которое сопровождается снижением их режущей способности, возрастанием усилий резания и крутящего момента. В связи с этим должен быть подобран оптимальный состав связки рабочего слоя.

Для алмазного хонингования стальных деталей создано большое количество связок, включающих различные металлы и другие компоненты под условными названиями М1, ОМ1, ОМ2, М5, МС3, МС15, М12 и т.д. Широкое распространение при хонинговании стальных деталей получили медно-оловянистые и медно-оловянисто-молибденовые связки, которые обеспечивают удовлетворительные результаты как по стойкости и удельному расходу алмаза, так и по точности обработки.

Процесс алмазного хонингования осуществляют при обильной подаче СОЖ, которая кроме охлаждения инструмента и детали, удаляет продукты обработки. Лучшие результаты достигают при подаче СОЖ под давлением 1 - 2 кгс/см² снизу обрабатываемой детали. Крепление деталей при хонинговании производят в специальных «плавающих» приспособлениях, обеспечивающих свободное перемещение в различных направлениях. Очистку СОЖ от продуктов обработки производят с помощью магнитных сепараторов и фильтров.

Окончательная обработка отверстий прецизионных деталей - доводка - является наиболее сложной и ответственной операцией, от успешного выполнения которой во многом зависят эксплуатационные показатели работы аппаратуры.

Для обеспечения заданных техническими условиями точности геометрической формы 0,0001 - 0,0002 мм, 11 - 12-го классов шероховатости поверхности и точности диаметра 0,01 - 0,02 мм применяют две, а в ряде случаев три операции доводки. Предварительную доводку обычно выполняют чугунами притирами и абразивной пастой относительно крупной зернистости, а окончательную - чугунами или стальными притирами с мелкозернистой пастой.

Взамен предварительной абразивной доводки отверстий иногда используют электроискровую обработку. Однако ввиду сложности оборудования и продолжительности цикла обработки (10 - 12 мин) этот процесс не нашел ши-

рокого применения. Начинает получать распространение процесс чистовой доводки алмазными притирами требуемой зернистости. Доводка обычно производится после термической обработки - закалки или азотирования, когда твердость деталей составляет *HRC* 60 - 65. В этом случае организация процесса резания, имеющая свои специфические особенности и трудности, тем не менее осуществляется достаточно эффективно. Однако иногда возникает необходимость доводки деталей в «сыром», незакаленном виде с целью уменьшения допуска на диаметр отверстия и получения более высокой точности геометрической формы (особенно в продольном сечении) перед термообработкой. Процесс доводки «сырых» деталей протекает крайне трудно, имеют место заклинивания и задиры инструмента, нередко приводящие к его поломке. Известно несколько видов доводки, различающихся способами подвода абразива в зону обработки: с периодическим нанесением абразивной пасты на притир; с непрерывной подачей абразивной суспензии; с шаржированным притиром.

При доводке точных отверстий наибольшее распространение получил первый способ подвода абразива.

Получают распространение также процессы электрохимического хонингования и доводки точных отверстий с использованием алмазных или эльборовых брусков и притиров.

В качестве оборудования при доводке отверстий применяют доводочные бабки, а также специальные доводочные станки различных модификаций. Доводочные бабки обычно выполняют одно- и двухшпиндельными с горизонтальным расположением шпинделей. Обрабатываемая деталь, закрепленная в специальной оправке, удерживается рабочим вручную, а оправка с притиром устанавливается в шпинделе. Процесс ручной доводки малопроизводителен и требует особых навыков. Доводочные станки в большинстве случаев изготавливают с вертикальным расположением шпинделей.

Широкое распространение получили вертикально-доводочные одношпиндельные станки-полуавтоматы модели 3820Д, у которых цикл обработки автоматизирован. Принципиальным отличием этих станков от станков других типов является то, что благодаря особой конструкции механизма разжима притир независимо от величины износа по наружному диаметру не меняет своего положения по отношению к обрабатываемой детали. Это позволяет обеспечивать постоянство «перебегов» притира в крайних положениях и, как следствие, более высокую точность обработки отверстия в продольном сечении. Станок снабжен поворотным столом, на котором через 180° закреплены два приспособления для установки обрабатываемых деталей. Доводка на станке предусматривает установку и снятие деталей, периодический контроль диаметра отверстия предельными калибрами и нанесение пасты на притир.

К приспособлениям для зажима деталей при доводке предъявляют следующие требования: деталь должна иметь возможность самоустанавливаться по притиру; люфт подвижных частей приспособления в вертикальной плоскости не должен превышать 0,3 - 0,5 мм; трущиеся поверхности приспособления должны быть защищены от попаданий абразива; усилие зажима не должно вызывать деформацию детали.

Широкое распространение получили конструкции, у которых подвижные части связаны двумя взаимно перпендикулярными шарнирными соединениями (рис. 1.15). Наличие шарниров позволяет выполнить поворот детали в вертикальной плоскости в любом направлении, а зазор в шарнирах - "перемещение в горизонтальной плоскости. Однако вследствие трения в шарнирах, а также значительного веса подвижных частей не обеспечивается плавное перемещение детали. Особенно это проявляется при повышенных нагрузках и попадании в шарниры абразива.

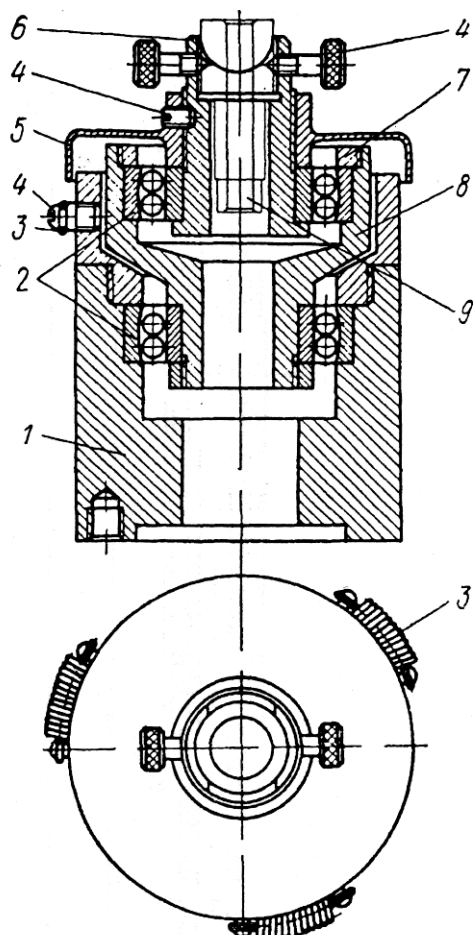


Рис. 1.15. Приспособление для доводки отверстий в точных деталях: 1 - корпус; 2 - сферические шарикоподшипники; 3 - пружина; 4 - винты; 5 - крышка; 6 - втулка; 7 - гайка; 8 - стакан; 9 - обрабатываемая деталь.

На базе этой конструкции создано приспособление к станку 3820Д для доводки отверстий во втулках плунжера. В корпусе на двух роликовых конических подшипниках 7211 установлен стакан. В верхней его части закреплены на полуосях кольца, имеющие возможность поворачиваться относительно друг друга во взаимно перпендикулярных вертикальных плоскостях. Обрабатываемая деталь устанавливается в стакан и поджимается сверху гайкой. Фетровые или резиновые уплотнения предохраняют подшипники и полуоси от попадания пасты. Для повышения долговечности и обеспечения плавности и легкости поворота полости роликовых подшипников заполняют смазкой ЦИАТИМ-201. Обрабатываемая деталь самоустанавливается по притиру, так как ей обеспечивается возможность перемещения в горизонтальной плоскости за счет зазоров в полуосях, а также поворотов в вертикальной и горизонтальной плоскостях. При возрастании крутящего момента пружина растягивается, упор нажимает на контакт микровыключателя, и процесс доводки прекращается.

С целью исключения полуосей, которые вследствие значительных знакопеременных осевых нагрузок быстро изнашиваются, что вызывает недопустимый люфт, созданы конструкции приспособлений со сферическими подшипниками. Однако при эксплуатации они требуют тщательной настройки и весьма чувствительны к попаданию абразива на трущиеся поверхности. Для ускорения зажима детали в приспособлении используют специальные устройства байонетного типа. Значительный вес подвижных частей приспособления и обрабатываемой детали, недостаточная жесткость доводочной головки приводят к ее деформации, что отрицательно сказывается на точности обработки. Для обес-

Связующими веществами служат стеарин, парафин и олеиновая кислота в пастах для черновой и предварительной доводки и, кроме того, свиной расщепленный жир - в пастах для окончательной доводки.

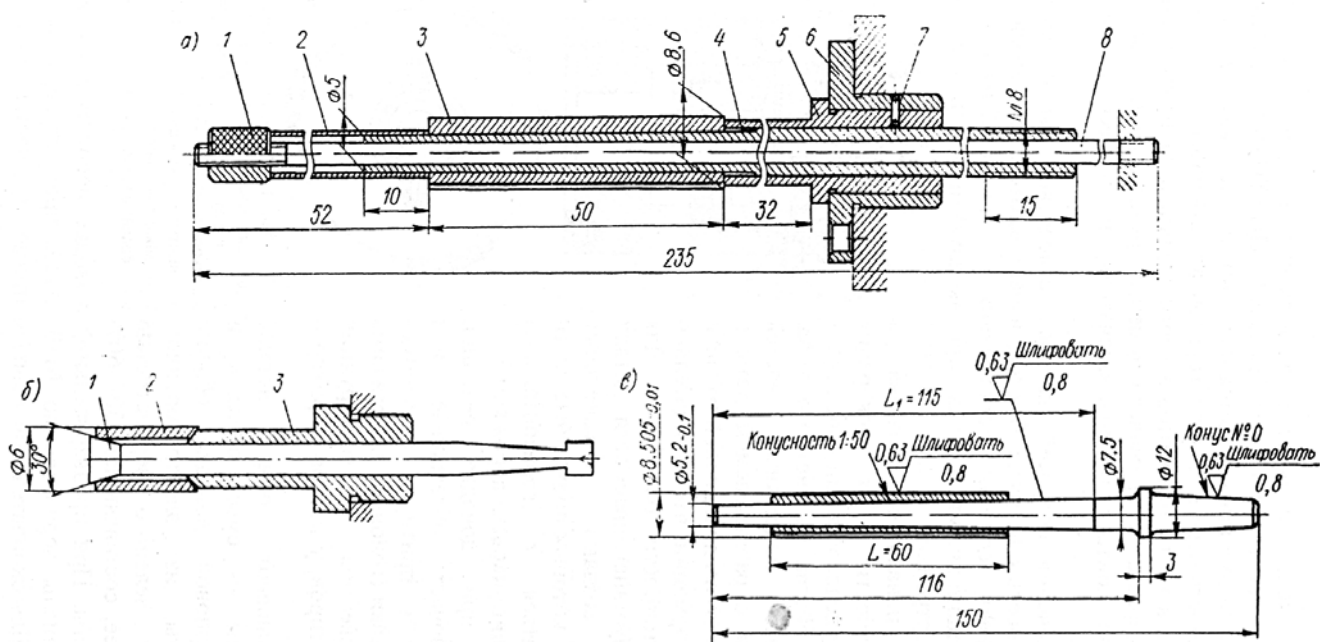


Рис. 1.16. Доводочные головки: а - с автоматическим разжимом притира к станку 3820Д (1 - гайка; 2 - упорная втулка; 3 - притир; 4 - конусная игла; 5 - основание; 6 - втулка; 7 - штифт; 8 - стержень); б - с автоматическим разжимом притира к чехословацкому станку “Лаповачек” (1 - игла; 2 - притир; 3 - корпус оправки); в - с ручным разжимом притира методом “подбива”.

28

Обработка сопловых (топливораспыливающих) отверстий D 0,3 мм.

Обработка указанных отверстий корпусов бесштифтовых распылителей связана с большими трудностями, т.к. необходимо обеспечить высокую точность диаметра (допуск 0,01 - 0,02 мм), точность геометрической формы, а также углового расположения отверстий по отношению к заданным базам (рис. I.17).

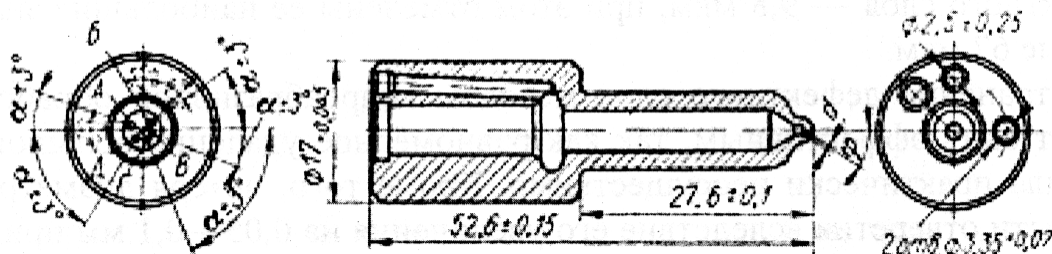


Рис. I.17. Расположение сопловых отверстий в корпусе бесштифтового распылителя.

При обработке сопловых отверстий на отечественных заводах и за рубежом применяют два метода - сверление (в ряде случаев дополняемое рассверливанием) и электроискровую прошивку. Большинство предприятий использует метод сверления. Это объясняется тем, что при электроискровой прошивке не всегда удается получить высокую точность геометрической формы отверстия как в продольном, так и в поперечном сечениях, оказывающую значительное влияние на характер распыла топлива. Кроме того, на поверхности отверстия возникает значительный дефектный слой металла с пониженной твердостью, что является одной из причин повышенного износа распылителя при эксплуатации.

Исследования показали, что после электроискровой прошивки сопловых отверстий в корпусах распылителей из стали 18Х2Н4ВА, подвергнутой цементации и обработке холодом, микроструктура поверхностного слоя отверстий характеризуется наличием следующих зон:

1-й зоны белого слоя - металла, который находился в расплавленном состоянии в процессе электроискровой прошивки;

2-й зоны белого слоя, представляющей собой продукты вторичной закалки, вызванной нагревом до высоких температур и быстрым охлаждением;

3-й зоны - отпуска металла;

4-й зоны - исходного металла.

На основании многократных измерений определена средняя глубина дефектного слоя - 9,8 мкм, при этом отмечены ее наибольшие значения, равные 67 мкм.

Устранение дефектного слоя методом гидроабразивной обработки не может быть эффективным, так как равномерное удаление большого слоя металла практически неосуществимо. Кроме того, потеря диаметральной точности отверстия вследствие его увеличения на 0,05 - 0,1 мм приведет к 100% браку распылителей по пропускной способности. Подбор оптимальных режимов при электроискровой прошивке позволяет уменьшить дефектный слой, однако, полностью его исключить невозможно в силу физической сущности процесса.

Таким образом, из-за отсутствия дефектного слоя процесс сверления является более предпочтительным.

Сверление сопловых отверстий осуществляют на специальных высокооборотных сверлильных станках, у которых подача инструмента производится как вручную, так и автоматически. Частота вращения сверлильных шпинделей составляет 7000 - 50000 об/мин, что при диаметре сверла 0,3 мм соответствует скорости резания 7 - 50 м/мин.

В качестве режущего инструмента в основном используют спиральные сверла (ГОСТ 8034 - 67) из быстрорежущей стали. В настоящее время осваивается производство сверл из твердых сплавов, обладающих повышенной износостойкостью.

Смазывающе-охлаждающей жидкостью при сверлении с ручной подачей обычно является рыбий жир. Для лучшего направления сверла деталь вначале подвергают кернению, либо центrovанию. На предприятии «Мефин» (Румыния) обработку отверстий производят за три перехода, включающих центrovание, сверление и рассверливание. Переходы выполняют последовательно с одной установки детали на специальных сверлильных станках, изготовленных по чертежам фирмы «Бош» (Германия).

Обработка осуществляется следующим образом. Сначала последовательно центруют все четыре отверстия распылителя коротким спиральным сверлом D 0,3 мм, затем последовательно сверлят все отверстия спиральным сверлом D 0,3 мм и, наконец, их развертывают спиральным сверлом D 0,35 мм.

Применяемые сверла из быстрорежущей стали закрепляют в специальных державках, которые устанавливаются в инструментальный шпиндель с посадкой на конус с углом 15° и удерживаются в нем магнитом. Замена державок после выполнения очередного перехода осуществляется вручную без остановки инструментального шпинделя, смонтированного на специальных прецизионных направляющих. Подачу инструмента при центrovании, сверлении и рассверливании производят вручную. Затупленный инструмент не перетачивают, стойкость сверл 80 - 100 деталей (300 - 400 отверстий). Производительность рабочего, обслуживающего один станок, - около 60 деталей в час.

С целью достижения более высокой точности углового расположения сопловых отверстий на заводе фирмы «Дельта» (Польша) применяют кондукторную втулку, через которую осуществляется направление режущего инструмента в процессе обработки.

Работа выполняется на специальных сверлильных станках фирмы «Овербек» (Германия) при частоте вращения сверлильного шпинделя 7000 - 12000 об/мин. Сначала в специальном кронштейне, закрепленном на станине станка, устанавливают стальную нетермообработанную пластинку толщиной 0,5 мм, в которой непосредственно на станке с помощью высокооборотного шпинделя сверлят отверстие заданного диаметра. После этого пластинку снимают со станка, закаливают и вновь устанавливают на станок с обеспечением несоосности между сверлами и отверстием пластинки в пределах 0,01 - 0,02 мм. Сверление отверстий производят без их предварительного центrovания, подачу инструмента осуществляют с помощью тарированной пружины. По окончании

цикла сверления одного отверстия пружина возвращается в исходное положение.

Износостойкость одной кондукторной пластинки - около двух смен (800 - 1000 деталей), после чего ее снимают и устанавливают новую. Стойкость спиральных сверл между переточками 70 - 80 деталей (около 300 отверстий), их переточка производится на алмазно-заточном станке модели «Христен» (Швейцария).

Некоторые западно-европейские станкостроительные фирмы («Микрон Хайслер», «Позалюкс» и «Альбе» - Швейцария, «Минганти» - Италия) выпускают специальные сверлильные станки для обработки сопловых отверстий, которые по данным фирм обеспечивают высокую производительность процесса и точность обработки. Однако производственные данные, которые бы подтверждали рекламные, отсутствуют.

Для электроискровой прошивки сопловых отверстий созданы специальные станки с различной степенью автоматизации процесса. В качестве электрода-инструмента применяют калиброванную латунную или вольфрамовую проволоку.

Станкостроительной фирмой «Рейкон» (США) выпускаются станки для электроискровой прошивки сопловых отверстий. Они работают по полуавтоматическому циклу и изготавливаются в одно- или трехпозиционном исполнении с автоматическими загрузочными устройствами кассетного типа. Указанные станки используются фирмой «Дженерал моторс» (США). Согласно рекламным данным фирмы «Рейкон» точность углового расположения отверстий находится в пределах не ниже ± 1 , однако практические данные отсутствуют.

На станках фирмы «Рейкой» электродом-инструментом служит вольфрамовая проволока, поступающая в зону обработки через керамические фильеры. Диэлектрической жидкостью является дистиллированная вода, используемая однократно.

Достижимая угловая точность обработки обоими методами - сверлением и электроискровой прошивкой - примерно одинакова. Повышение точности обработки может быть достигнуто при использовании для направления инструмента (сверла или проволочного электрода) специальных твердосплавных или керамических втулок.

Разработан новый метод сверления отверстий через направляющую кондукторную втулку из твердого сплава без предварительного кернения или центrovания детали. Обработка производится на станке-полуавтомате с постоянным усилием сверления, что достигается специальным устройством.

Для долговечной работы высокооборотного сверлильного шпинделя ($n=7000 - 15000$ об/мин) скользящие подшипники заменены прецизионными шарикоподшипниками, а для уменьшения усилий трения при его перемещении в направлении подачи установлены шариковые направляющие. Обрабатываемая деталь в установочном приспособлении крепится с помощью электромагнитного патрона.

Установлены следующие оптимальные режимы обработки и геометрические параметры спиральных сверл D 0,3 мм из стали P18 при обработке деталей

из стали 18Х2Н4ВА: скорость резания 7 - 10 м/мин; усилие подачи сверла 0,9 - 1,0 кг; угол сверла при вершине 130 - 150°; задний угол сверла на периферии 20°.

Наличие постоянного регламентированного усилия подачи исключило поломку сверл, в результате чего стало возможным осуществлять их многократную переточку и тем самым резко уменьшить расход инструмента. Для заточки сверл создан специальный станок настольного типа, снабженный оптическим устройством, позволяющим контролировать величину снимаемого припуска и угол сверла в плане.

Проведены стоимостные испытания кондукторных втулок из пластифицированного твердого сплава марки ВК8. Установлено, что при обработке с помощью одной втулки 15000 - 20000 корпусов распылителей (60000 - 80000 просверленных отверстий) износ ее направляющего отверстия составляет около 0,02 мм по диаметру. Это не оказывает заметного влияния на снижение точностных показателей процесса. Применение в шпиндельном узле станка прецизионных шарикоподшипников для работы с частотой вращения 10000 - 15000 об/мин и шариковых направляющих во много раз повысило его долговечность. Так, например, если сверлильные шпиндели на скользящих подшипниках, используемых в настоящее время, подвергаются ремонту после 5 - 10 смен работы, то замена шарикоподшипников в новых шпинделях потребуется не ранее, чем через 50 смен.

Таблица I.7

Точность углового расположения сопловых отверстий после сверления
на станке с направляющей втулкой

Угол	Точность	Количество отверстий	
		шт.	%
α	± 1	3279	81,92
	± 2	629	15,72
	± 3	86	2,17
	± 4	6	0,19
φ	± 1	3839	95,97
	± 2	153	3,83
	± 3	6	0,15
	± 4	2	0,05

Точность углового расположения сопловых отверстий после сверления 1000 шт. корпусов распылителей (в 1 корпусе 4 отверстия) приведена в табл. I.7. В табл. I.8 представлены данные выборочного контроля 115 шт. корпусов распылителей, которые после сверления сопловых отверстий были полностью обработаны по действующему на заводе технологическому процессу. Из таблицы следует, что после сверления около 98% деталей имеют допуск $\pm 2^\circ$ по углу α и 99,8% деталей - по углу φ , а после окончательной обработки соответственно 92 и 99,7%. Следует отметить, что в допуск $\alpha = \pm 3^\circ$ и $\varphi = \pm 2^\circ$ укладываются практически все детали, прошедшие полностью технологический цикл

обработки.

Таблица I.8

Точность углового расположения сопловых отверстий после окончательной обработки корпусов распределителей

Угол	Точность	Количество отверстий	
		шт.	%
α	± 1	184	40
	± 2	240	52
	± 3	36	8
φ	± 1	353	76,8
	± 2	105	22,9
	± 3	2	0,3

Для повышения точности контроля углового расположения сопловых отверстий разработан специальный стенд, использование которого позволяет устранить некоторые недостатки, присущие гидравлическому методу контроля. В конструкции созданного стенда предусмотрены: терморегулятор для поддержания постоянной температуры технологической жидкости, а следовательно, и ее вязкости; редукционный клапан с манометром, позволяющий устанавливать и контролировать давление струи технологической жидкости, равное 1,5 - 2 кгс/см²; фильтры для очистки жидкости от загрязнителя.

Благодаря конструктивным усовершенствованиям удалось повысить точность базирования контролируемой детали; точность изготовления сферического колпака и расположения «окон», по которым оценивают годность контролируемых деталей, а также удобство обслуживания (наклонное расположение детали и колпака, который подпружинен; уменьшение попадания технологической жидкости на рабочее место контролера).

По предварительным данным среднеарифметическая погрешность измерения на указанном стенде не превышает 0,3 - 0,5°, что в два раза меньше, чем при использовании стендов другой конструкции.

Обработка конических поверхностей. Точность обработки и взаимного расположения внутренних и наружных конических поверхностей определяет важные свойства прецизионных деталей. Внутренние конические поверхности в незакаленных заготовках обрабатывают сверлением, зенкерованием и пластическим деформированием, а после закалки - электроискровой обработкой, шлифованием и доводкой.

Наиболее характерными прецизионными деталями, имеющими точные конические поверхности, являются корпус и игла распылительной пары форсунки дизельного двигателя.

Поверхность внутреннего запирающего конуса корпуса бесштифтового распылителя должна быть обработана с высокой точностью: ее биение относительно отверстия $\varnothing 6$ мм допускается не более 0,003 мм при 9-м классе шероховатости поверхности.

Расположение конической поверхности на большой глубине, малый диаметр отверстий для подвода инструмента создают большие трудности при обеспечении технических требований. Обработку внутреннего конуса производят методами предварительного и окончательного зенкерования, электроискровой обработки и доводки. Широкое распространение получила операция шлифования конической поверхности на специальных станках, которая выполняется взамен электроискровой обработки и доводки или в сочетании с ними.

Известно, что для нормальной работы абразивных шлифовальных кругов необходимо обеспечить высокую скорость резания, исчисляемую десятками метров в секунду. При обработке конических поверхностей $\varnothing 3 - 5$ мм приемлемая скорость резания шлифовального круга может быть достигнута при 50000 - 100000 об/мин шпинделя.

Рядом зарубежных фирм (ПУА - Швеция, «Штудер» - Швейцария, «Минганти» - Италия, «Овербек» - Германия) созданы специальные высокооборотные прецизионные шлифовальные станки для обработки внутренних цилиндрических и конических поверхностей малого диаметра. Наиболее распространенной является конструкция станка фирмы ПУА (Швеция), предназначенного для обработки корпусов распылителей. Внешний вид такого станка приведен на рис. I.18.

Станок производит шлифование по автоматическому циклу направляющего отверстия $D 6$ мм цилиндрическим кругом, а поверхности конуса - коническим кругом. Загрузка деталей в магазин вместимостью 30 деталей производится вручную. Привод инструментальных шпинделей для шлифования отверстия и конуса осуществляется от высокооборотного бесступенчато-регулируемого пневмошпинделя.



Рис. I.18. Круглошлифовальный станок фирмы ПУА (Швеция).

Установка детали в специальный пневматический диафрагменный патрон шлифовальной бабки производится манипулятором. Шлифование ведется за одну установку детали с последующим ее перемещением из позиции обработки отверстия на позицию обработки конуса. По окончании цикла бабка возвращается в исходное положение, а деталь манипулятором выгружается из патрона.

Обработка отверстия и конуса ведется на двух режимах - черновом и чистовом. Перед черновым и чистовым шлифованием каждой детали может осуществляться автоматическая алмазная правка кругов, контроль качества которой также автоматизирован.

Процесс шлифования и правки кругов протекает с применением специальной

охлаждающей жидкости.

На станках достигается следующая точность обработки отверстия и конуса:

Точность диаметра 6 мм	0,005 мм
Биение поверхности конуса относительно оси отверстия D 6 мм	0,003 мм
Точность угла конуса	± 50
Некруглость конической поверхности в любом сечении	0,001 мм
Точность линейного размера от базового торца до характерного диаметра конуса	0,05 мм
Класс шероховатости поверхности отверстия и конуса	10 - 11

Режимы шлифования корпусов бесштифтовых распылителей на станках фирмы ПУА характеризуются следующими данными:

Частота вращения бесступенчато-регулируемого пневмшпинделя, об/мин	80000
Диапазон регулирования частоты вращения пневмшпинделя, об/мин	58000 - 100000
Частота вращения патронного шпинделя изделия, об/мин	1750
Осцилляция шпинделя для шлифования конуса, мм	$0,15 \pm 0,1$
Глубина снимаемого слоя в процессе правки кругов, мм	$0,02 \pm 0,03$
Минимально допустимое отклонение на угол правки, мин	± 5
Ход правки круга, мм	9 ± 1
Максимальный припуск на шлифование отверстия и конуса, мм	0,12
Производительность насоса охлаждающей жидкости, л/мин	40
Расход сжатого воздуха, л/мин	1500
Цикл изготовления одной детали, с	70 - 120

Наружная коническая поверхность иглы бесштифтового распылителя обрабатывается методом шлифования на проход. Предварительное шлифование выполняют на станках 3E153, а окончательное - на прецизионных станках-автоматах модели EA300 фирмы «Фритц Штудер» (Швейцария) при скорости резания 30 - 35 м/с.

В качестве режущего инструмента на станках EA300 применяют шлифовальные круги «Витарубин 80Н-10» и круги ПП300Х 10х127 марки К34ВТ1К. Для повышения стойкости инструмента производят ступенчатую правку шлифовальных кругов.

Коническая поверхность запирающего конуса, окончательно обработанная кругами «Витарубин 80Н10» и К34ВТ1К, имеет 11 - 12-й класс шероховатости и некруглость 0,0002 - 0,001 мм.

При выполнении операций предварительного и окончательного шлифования конической поверхности иглы на станках 3E153 и 3E12 применяют круги марок 24А661К и 24А46К.

Обработка точных плоскостей. Для доводки плоскостей и наружных цилиндрических поверхностей применяют вертикально-доводочные одно- и двухдисковые станки моделей 3804П, 3806, 3Б814, 3Б816, 3816П, которые позволяют обеспечить неплоскостность и непараллельность в пределах 0,001 - 0,002 мм и 11 - 12-й классы шероховатости поверхности.

При необходимости получения после окончательной доводки отклонения от плоскостности в пределах 0,0002 - 0,0005 мм, непараллельность противоположных плоскостей не свыше 0,001 мм и шероховатость поверхностей 13 - 14-го классов, используют станок с двумя неподвижными притирами, между которыми совершают возвратно-поступательные движения стальные ленты с установленными в специальные гнезда деталями. При доводке применяют чугуновые шаржированные притиры, подвергнутые правке по методу трех плоскостей.

Технические данные станка:

Рабочая поверхность притиров, мм	300x200
Высота детали, обрабатываемой на станке, мм	0,5 - 100
Длина хода обрабатываемой детали, мм	
- продольного	до 170
- поперечного	до 75
Частота вращения кривошипа продольного хода, об/мин	25; 27,5; 35
Мощность электродвигателя, кВт	1,7

Окончательная доводка точных плоскостей может также производиться и на тщательно отлаженных станках 3Б814, 3Б816 и других, притиры которых подвергались правке по методу трех плоскостей.

Материалом для изготовления притиров служат чугун, сталь, медь, стекло, текстолит и др. С целью повышения износостойкости чугуновых притиров в материал добавляют присадки хрома, никеля, молибдена. При изготовлении притиры термообрабатывают на твердость *НВ* 150 - 200. Стекланные притиры изготавливают из стекла К3 или К8. Чугуновые притиры обеспечивают более высокую производительность, чем стекланные. Однако последние используют в том случае, когда требуется получить высокий класс шероховатости поверхности.

При доводке стальных деталей чугуновыми притирами рекомендуются: частота вращения дисков $n_1 = 40 - 100$ об/мин, число возвратно-поступательных движений деталей $n_2 = 60 - 80$ дв.ход/мин и удельное давление на обрабатываемые детали $q = 0,4 - 1$ кГс/см². При использовании стекланных притиров режимы обработки составляют: $n_1 = 40 - 60$ об/мин; $n_2 = 50 - 80$ дв.ход/мин и $q = 0,2 - 0,5$ кГс/см².

Для качественной обработки точных плоскостей обычно применяют две операции доводки - первую на чугуновом притире пастой с абразивом зернистостью 14 - 28 мкм, вторую - на стеклнном притире пастой зернистостью 4 - 7 мкм.

В процессе доводки возможно шаржирование (внедрение) абразивных зерен в обрабатываемую поверхность, особенно при обработке мягких металлов. Это явление нежелательно, так как шаржированная деталь ускоренно изнашивает сопрягаемую поверхность. С целью исключения шаржирования применяют метод безабразивной доводки. Таким способом доводят детали гидроприводов (золотники плоские, цилиндры, поршни), изготавливаемые из различных марок бронзы - оловянисто-цинковой с *НВ*76, бериллиевой с *НВ*185 - 200, оловянисто-никелевой с *НВ*76 и дюралюминия с *НВ*57. Предварительная доводка

производится на дисках из красной меди с керосином, а окончательная на стеклянных дисках (стекло КЗ или К8) с керосином. При этом достигают шероховатость поверхности 11 - 12-го классов, неплоскостность до 0,005 мм и непараллельность до 0,001 мм. Снимаемый припуск составляет 0,04 - 0,06 мм, а исходная шероховатость 7 - 8-го классов. Удельное давление доводки на медном притире равно 0,25 - 0,5 кГс/см², а на стеклянном - 0,5 - 0,7 кГс/см²; количество СОЖ, подводимого в зону обработки, 0,3 - 0,5 л/мин; съем металла (бронзы) вначале равен 3 - 3,5 мкм/мин, а затем снижается до 1,5 - 1,8 мкм/мин.

Особо точные плоскопараллельные поверхности обрабатывают на станках в две операции с соблюдением сложных перемещений инструмента и заготовки. Сначала одна сторона обрабатывается до необходимой шероховатости и плоскостности, затем другая до получения аналогичных данных, а также до требуемой параллельности плоскостей. При выполнении первой операции заготовки располагают в гнездах сепаратора на диске, сверху укладывают кружки из фетра и резины, груз, после чего все охватывается притертым по торцу чугунным кольцом. На диск наносят тонкий слой притирочной пасты. Операция второй доводки в основном повторяет первую, но заготовки укладывают обработанной стороной вверх.

С целью механизации ручного труда по нанесению пасты на доводочные диски иногда работают с помощью эмульсии следующего состава: микропорошок 2,0 - 2,5 кг, керосин 30 л, масло веретенное 8 л, стеарин 1 кг. Расход эмульсии составляет 1 - 2 л/ч.

1.3. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАЛЬНЫХ ТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ

При изготовлении деталей дизельной топливной аппаратуры, золотников, дросселей, сопл широко используются углеродистые и легированные стали.

Детали из стали марок 45 и 40Х обычно подвергаются термоулучшению, из стали ШХ15 - закалке и низкому отпуску, из стали 20, 20Х и 18ХНВА - цементации или нитроцементации, из стали 25Х5М - азотированию.

Газовая цементация широко применяется на заводах топливной аппаратуры. На некоторых заводах этот процесс почти полностью вытеснил цементацию в твердом карбюризаторе. Газовая нитроцементация по сравнению с газовой цементацией обладает рядом существенных преимуществ: обеспечивается более высокая износостойкость поверхности, уменьшаются деформации и возможность перегрева стали, исключается период подстуживания перед закалкой, повышается срок службы печного оборудования. В ряде случаев целесообразно использовать газовую нитроцементацию с применением триэтанолamina.

На некоторых заводах прецизионные детали изготавливают из азотируемой марки стали 25Х5М. Азотирование способствует значительному повышению износостойкости, коррозионной стойкости. Благодаря низкой температуре процесса (500 - 600°С) существенно уменьшается коробление деталей, а структура сердцевины остается в термоулучшенном состоянии. Недостатком азотирования является большая продолжительность процесса.

Процесс азотирования не нашел должного распространения на заводах топливной аппаратуры. Для повышения износостойкости, долговечности и стабильности работы прецизионных пар топливных насосов следует рекомендовать азотируемую марку стали (например, 25X5M) взамен сталей ХВГ и ШХ15.

В последние годы за рубежом (США, Германия) получил развитие процесс низкотемпературного (570°C) карбонитрирования в газовых смесях. Для его ведения применяется 50%-ная смесь аммиака и эндогаза или смесь аммиака с добавкой кислорода. Изменилась точка зрения о целесообразности азотирования деталей из углеродистых и низколегированных сталей. Установлено, что хотя азотирование этих деталей не вызывает заметного повышения твердости, однако приводит к значительному увеличению циклической прочности. Кроме того, такие низкотемпературные процессы, как азотирование, не изменяют структуру состояния термоулучшенных сталей. В ряде случаев это может быть решающим фактором.

Исследованиями установлено, что активация или пассивация поверхности оказывает значительное влияние на скорость процессов азотирования и цементации.

ГЛАВА II

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ КОНТРОЛЬНО - РЕГУЛИРУЮЩЕЙ И СИЛОВОЙ ГИДРОАППАРАТУРЫ

II.1. ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ КОМАНДО - АППАРАТОВ И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ МЕХАНООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Улучшение фильтрации рабочих жидкостей и повышение рабочего давления требуют решения задачи обеспечения надежности и долговечности агрегатов, повышения точности гидравлических систем, уменьшения трения в золотниковых устройствах. Широкое использование многоканальных систем с цифровым управлением требует повышения точности изготовления гидравлических приводов. Перспективным является использование элементов струйной техники при создании пневмогидравлических систем, благодаря чему обеспечиваются взрывобезопасность, радиационная стойкость, нечувствительность к вибрациям систем управления.

Для увеличения выходных мощностей при неизменных характеристиках гидравлического привода устанавливают гидравлические усилители с несколькими ступенями усиления. В первом каскаде усиления обычно применяют регулируемый дроссель - сопло-заслонку, во втором - цилиндрический золотниковый распределитель. Все это требует изготовления точных деталей и узлов: золотников, сопел, клапанов, плунжеров, поршней, цилиндров и других.

Типовой технологический процесс обработки золотника.

На рис. II.1 показан типовой золотник из стали 40Х ($HRC\ 40 - 50$). Его длина 37 - 49 мм, наружный диаметр 5 - 10 мм, диаметр обнижения $d_1 = 4 - 7$ мм. Технические требования, предъявляемые к готовой детали, следующие: овальность и конусообразность по наружному диаметру не более 0,003 мм; 10-й класс шероховатости обработанной поверхности после шлифования; зазор между золотником и центральным отверстием в гильзе 4 - 7 мкм; допуск на наружный диаметр золотника 3 - 4 мкм.

Золотники изготавливаются по 13 размерным группам. Сталь - калиброванная круглая ($HB \leq 207$) поступает под эксцентриковый пресс, на котором

рубятся заготовки длиной 2000 мм. После протирки на заточном станке снимают фаски $5 \times 10^\circ$ на концах прутков. Подготовленные таким образом заготовки подают на автоматную операцию, где производят радиальные выточки, подрезают торцы и снимают фаски на концах $0,75 \times 45^\circ$. После зачистки торца на одном конце

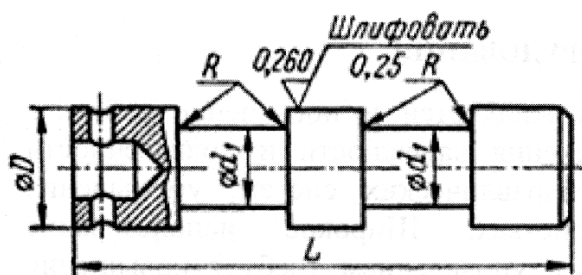


Рис. II.1. Золотник агрегатов смазочных масел.

заготовки сверлят отверстие глубиной t и зенкуют фаску $0,5 \times 45^\circ$, затем на сверлильном станке в кондукторе сверлят радиальное сквозное отверстие сверлом D 1,2 или 2,2 мм.

Следующей операцией является термическая обработка до получения HRC 45 - 50, после которой производят химическую очистку.

Затем деталь шлифуют по наружному диаметру, класс шероховатости обработанной поверхности 8-й, допуск на операцию шлифования - 0,02 мм. После слесарной зачистки торца от окалины до 6-го класса шероховатости с помощью войлочного круга D 150 мм деталь поступает для предварительного шлифования. На бесцентрово-шлифовальном станке деталь шлифуют по наружному диаметру методом продольной подачи с припуском под чистовую обработку 0,1 - 0,08 мм. Ведущий круг ПП250, Э40 С2 - СТ1; ведомый ПП300, Э40 С2 - СТ1; снимаемый припуск 0,1 мм. Ведущий и ведомый круг работают в режиме: $S = 1750$ мм; $V = 55$ м/мин; $n = 120$ об/мин; $i = 3$ прохода.

После шлифования деталь устанавливают в центрах токарного станка и вручную абразивным бруском, изготовленным из «арканзаса», притупляют острые кромки $R = 0,2$ мм в местах перехода торцовых поверхностей от обнижений к наружному диаметру золотника. Центр токарного станка - обратный, вращающийся. Следующей операцией является чистовое шлифование с применением эмульсии по наружному диаметру до получения окончательного размера. Ведомый круг ПП300, Э25С1 - С2; ведущий ПП250, Э25С1 - С2; снимаемый припуск 0,02 мм; $S = 3150$ мм; $V = 90$ м/мин; $i = 5$ проходов. После промывки в бензине детали укладывают в тару по группам, каждую деталь маркируют с указанием номера группы.

Изготовление золотника. Управляющие золотники следующих систем типа Г61-41 (табл. II.1) предназначены для однокоординатных следящих систем с независимой скоростью ведущего движения копировальных станков (фрезерных, токарных, продольно-строгальных, поперечно-строгальных и др.), а также для следящих систем с механическим узлом сравнения заданного и выполненного параметра.

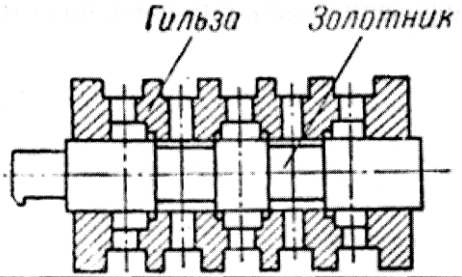
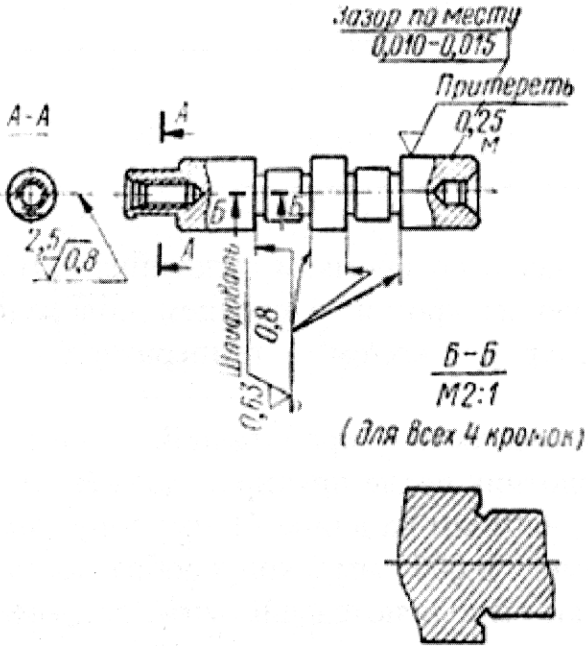
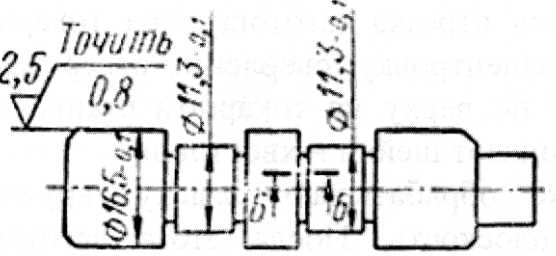
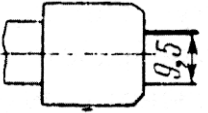
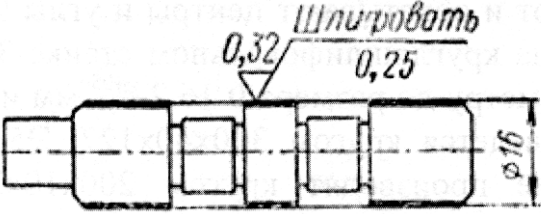
Основные технические данные золотников типа Г61-41 при работе на чистом масле типа турбинное 22 с температурой 10 - 50⁰С следующие: радиальный зазор по кромкам золотника 0,015 - 0,02 мм; расход масла через каждую из кромок в среднем положении золотника 1000 - 1100 см³/мин при $\Delta p = 5$ кгс/см² и температуре масла 40 - 50⁰С.

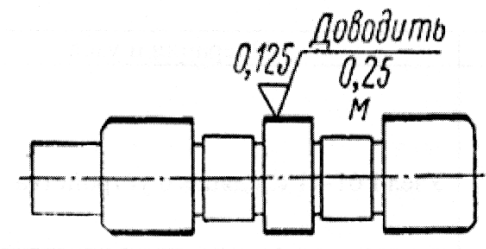
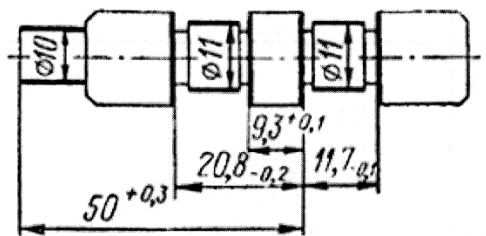
Из таблицы видно, что шероховатость обработанной наружной поверхности детали 10-го класса; золотник после притирки должен иметь зазор по наружному диаметру 0,005 - 0,01 мм на длине 41 мм; допустимое радиальное биение отсечных кромок 0,005 мм; конусообразность и овальность поясков 0,003 мм; кромки выполняются чистыми, острыми и без закруглений.

Заготовительной операцией является отрезка заготовки; на токарном станке производят подрезку торцов, зацентровку, сверление отверстий и нарезание резьбы. Затем обтачивают по верху на токарном станке при установке заготовки в центрах, протачивают шейки и хвостовик.

Таблица II.1

Технологическая карта изготовления управляющего золотника систем
(фрагмент)

Эскиз	Операция и узел
 Гильза Золотник	Узел Г61-41 следящего устройства
 Зазор по месту 0,010-0,015 Притереть 0,25 М А-А 2,5 0,8 Шлифовать 0,32 0,8 Б-Б М2:1 (для всех 4 кромок)	Золотник Г61-41-21 (сталь ХВГ или 20Х)
 Точить 2,5 0,8 Φ16,5-9,1 Φ11,3-9,1	Токарная
 9,5	Фрезерная
 Шлифовать 0,32 0,25 Φ16	Шлифование (обнижение до D 16 мм)

	Шлифование (окончательное по D 16 мм)
	Доводочная

На вертикально-фрезерном станке обрабатывают лыску, ручную снимают заусенцы и запиливают плоскость. После этого заготовка поступает на термообработку ($HRC\ 58 - 62$) и гальваническую очистку от окалины; ручную шкуркой зачищают площадку после термообработки до получения шероховатости 6-го класса. На центрошлифовальном станке с центрами из твердых сплавов зачищают и обкатывают центры и углы 90° до шероховатости 8-го класса. Затем на круглошлифовальном станке 312 заготовку шлифуют по наружному диаметру до размера $D\ 16,2^{-0,05}$ мм и 8-го класса шероховатости, обработка ведется кругом 300x40x127, Э532 40C1 - C2K. Окончательно шлифование производят кругом 200x10x32, Э9A10C18K до $D\ 16$ мм и 9-го класса шероховатости. Притиром $D\ 16$ мм на токарном станке доводят наружную поверхность до 10-го класса шероховатости. После притирки золотника до зазора $0,010 - 0,015$ мм на круглошлифовальном станке 3A10П шлифованием обнижают поверхность $D\ 16$ мм на длине 41 мм на величину $0,005 - 0,010$ мм.

Все кромки должны быть чистыми, острыми, без заусенцев и закруглений, их биение относительно $D\ 16$ мм равно $0,005$ мм. Конусообразность и овальность поясков $D\ 16$ мм равна $0,003$ мм.

Следующая операция - доводка кромок золотника на круглошлифовальном станке 3A10П; заусенцы снимают кварцевым оселком. Проверку и замеры золотника производят после того, как золотник приобретет температуру помещения, т.е. через 30 мин после доводки. Затем деталь поступает на сборку.

II.2. ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ ГИДРОПРИВОДА

Золотники. Предварительную обработку золотников (рис. II.2) производят на револьверных и токарных станках или на автоматах. Для окончательной обработки уже закаленных деталей оставляют припуск $0,5 - 0,8$ мм. Допускаемое биение поверхностей этих деталей - не более $0,15 - 0,05$ мм. После зачистки торца, мойки и контроля выполняют черновое шлифование на бесцентрово-

шлифовальных станках; допускаемая конусообразность, бочкообразность, корсетность, огранка и овальность поверхностей - не более 0,01 мм.

После закалки на бесцентрово-шлифовальном станке шлифуют рабочие пояски по наружному диаметру, являющиеся базой для других шлифовальных операций. При этом обеспечивается конусообразность, корсетность, бочкообразность, овальность и огранка в пределах 0,01 мм и шероховатость 8-го класса. На круглошлифовальных станках 3А110 шлифуют поверхность обратных центров, выдерживая биение их относительно наружной диаметральной поверхности 0,03 мм и 7-й класс шероховатости. Установив деталь на станке повышенной точности 3В10 в обратные центры, шлифуют поверхности золотников по меньшему диаметру на его концах и на торцах (соответственно 9 и 8-й класс шероховатости). Затем на том же станке шлифуют внутренние торцы рабочих поясков и обниженную часть по наружному диаметру, выдерживая их биение относительно центров 0,02 мм.

После предварительного шлифования и старения производят окончательную обработку золотника, при которой шлифуют обратные центры на станке 3В10, соблюдая их биение относительно наружного диаметра уже не 0,3 (как при предварительной обработке), а 0,01 мм; рабочие пояски по сопрягаемой гильзе с учетом зазора, выдерживая овальность и конусообразность не более 0,02 мм; отсечные кромки (торцы рабочих поясков) на профилешлифовальном станке с учетом паспортных данных по результатам измерений сопрягаемой гильзы. Отсекающие кромки шлифуют в такой последовательности: пары обращенных друг к другу торцов с линейными внутренними размерами по длине золотника, затем последние проходы пары крайних торцов кромок. На доводочной бабке доводят поверхности обратных центров до шероховатости 9-го класса и наружный диаметр рабочих поясков до шероховатости 11-го класса. При этом обеспечивается зазор с сопрягаемой гильзой 0,007 - 0,001 мм, а овальность и конусообразность 0,002 мм. После доводки детали оставляют в ванне с керосином. На токарном станке снимают заусенцы и притупляют острые кромки до $R=0,05$ мм. После метрологического контроля, проверки комплектности золотников с гильзами по диаметральному зазору и перекрытию, гидравлического контроля и промывки производят антикоррозионную обработку.

Следует отметить, что описанные технологические процессы не предусматривают взаимозаменяемость деталей.

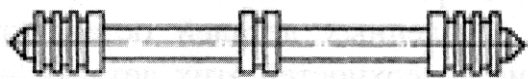


Рис. II.2. Заготовка цилиндрического золотника.

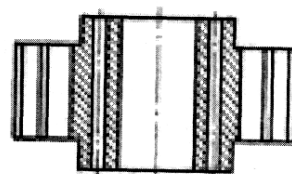


Рис. II.3. Заготовка плоского золотника.

В данном случае выполняют сопряженное шлифование на особо точных станках моделей 3В10, 3В110 и 3Е153, ручную доводку с использованием специальных измерительных приборов.

Заключительные операции технологического процесса изготовления зо-

лотников и гильз включают в себя шлифование, хонингование, доводку (осваиваются также суперфиниширование, электрохимическое шлифование, электрополирование).

Заготовки плоских золотников (рис. П.3) разрезают на фрезерном станке, затем правят, фрезеруют или шлифуют торцы, сверлят отверстия, шлифуют рабочие плоскости, снимают заусенцы, термообрабатывают.

Схема распределителя с торсионной подвеской показана на рис. П.4, в котором в результате закрепления плоского золотника на конусе коромысла, золотник передвигается с зазором относительно плоскостей корпуса. Наличие

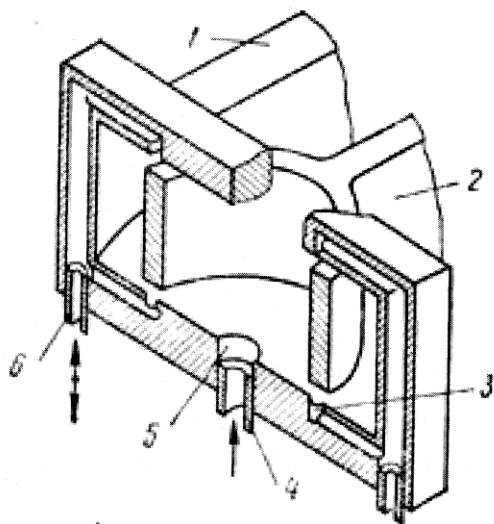


Рис. П.4. Схема плоского золотникового распределителя с торсионной подвеской: 1 - корпус; 2 - уравновешенное коромысло; 3 - проходная щель; 4 - кольцеобразный золотник; 5 - центральное отверстие; 6 - отверстие.

изолятора дает возможность определять зазор электрическим индикатором. Рабочая жидкость в золотниковый распределитель подается через центральное отверстие 5, а выходит через отверстие 6, проходные щели перекрываются плоскими кромками золотника.

В рулевых приводах летательных аппаратов применяют распределители с плоским золотником, в которых рабочие поверхности верхних и нижних пластин изготавливаются с отклонением от плоскости 0,3 мкм при шероховатости 12 - 13-го классов. Важными требованиями являются равномерность зазора и параллельность между верхней и нижней торцовыми поверхностями золотника. Эта параллельность выдерживается с точностью 1 мкм.

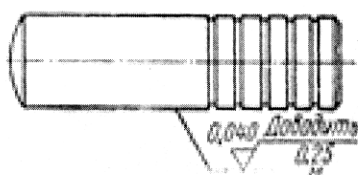
Плоские рабочие поверхности обрабатывают на плоскодоводочных станках, причем рабочие поверхности и разделительные кольца притирают одновременно для получения равных толщин и параллельности. В последующем поверхности плоских золотников дополнительно притирают до получения зазора, равного разности высот двух деталей. В плоских распределителях односторонний рабочий зазор имеет меньший допуск, чем в цилиндрических золотниковых распределителях, и составляет 3 мкм при допуске 1 мкм.

Основными требованиями к окончательной обработке плоских золотников являются: отклонения от плоскостности до 0,0002 мм и параллельности 0,001 мм, шероховатость обработанной поверхности 13 - 14 го классов. Очень важен выбор характеристик абразивных кругов для шлифования контактирующих рабочих поверхностей (плоских и отверстий). Плоские золотники из стали ХВГ шлифуют кругами на керамической связке при $S = 0,8 - 1,2$ мм/ход; при окончательном шлифовании $t = 0,01 - 0,005$ мм, оставляемый припуск под доводку 0,03 - 0,05 мм. Доводку выполняют следующими микропорошками: первую - электрокорундом М14 - М10; вторую - электрокорундом М5; третью -

электрокорундом М2, М5; четвертую и окончательную - электрокорундом М1. Затем у заготовок снимают фаски для удобства последующей доводки. Доводка состоит из четырех операций на неподвижных притирах. Температура заготовок и притиров в процессе доводки допускается в пределах $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$ во избежание неплоскостности рабочих поверхностей. С этой целью ограничивают и режимы доводки: предварительной $V = 10 - 15$ м/мин, окончательной $V = 8 - 10$ м/мин, $q = 1,2 - 1,6$ кгс/мм².

Предварительную доводку рабочих поверхностей производят на станках 3А814, а окончательную - на станках Семенова Д.С. Цилиндрические проходные отверстия окончательно шлифуют на станках 3А225 и 3А226.

Плунжеры. При изготовлении плунжеров гидроприводов (рис. II.5 и рис. II.6) требуется обеспечить высокую точность формы и размеров: прямолинейность, соосность, правильность формы поперечного сечения, минимальные: овальность, огранку, конусообразность, бочкообразность, а также соблюдение необходимой перпендикулярности обрабатываемых поверхностей и их шероховатости.



а



б

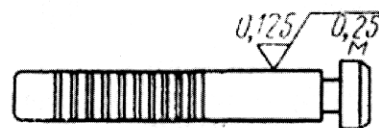


Рис. II.5. Конструкции плунжеров различного назначения: а - гидронасоса; б - гидромотора.

Рис. II.6. Плунжер ограничителя мощности.

Изготовление контактирующих поверхностей плунжеров производится с точностью 1 - 2-го классов. Отклонение центра сферической поверхности допускается не более 0,1 мм; огранка не должна превышать 3 мкм. К требованиям, предъявляемым к плунжерам, относятся высокая износостойкость, отсутствие на рабочих поверхностях задиров, вмятин, трещин, качество поверхности 10 - 12-го классов шероховатости, твердость *HRC* 58 - 62. Изготавливают плунжеры из катаных сталей У10, У12, 20, 20Х.

В основном технология обработки плунжеров гидромотора и гидронасоса состоит из следующих операций: черновая обработка (оставляемый припуск 0,4 - 0,6 мм на диаметр), термическая обработка, шлифование торца, зачистка фаски, чистовое шлифование на бесцентровошлифовальном станке по наружному диаметру, шлифование сферы и конуса, доводка, промывка в бензине, контроль.

Плунжеры ограничителя мощности в серийном производстве обрабатываются обтачиванием на токарных станках (оставляемый припуск 0,5 мм на диаметр), термообработкой (*HRC* 50 - 55), чистовым шлифованием на круглошлифовальном станке (оставляемый припуск для доводки 0,015 мм), притиркой и подвергаются контролю. Плунжеры обтачивают на четырехшпиндельных автоматах. Смещение центра сферы по отношению к оси проверяют специальным калибром. Технические требования на изготовление плунжеров такие же, как и на изготовление золотников.

Золотниковые гильзы. На рис. II.7 показана золотниковая гильза. После ее термообработки выполняют хонингование центрального отверстия, допускаемая конусообразность при этом 0,02 мм, класс шероховатости 8-й. Затем это отверстие притирают на станке ОФ26А, в результате чего получают конусообразность 0,005 мм, 9-й класс шероховатости. Таким образом, создается база для последующих операций обработки детали.

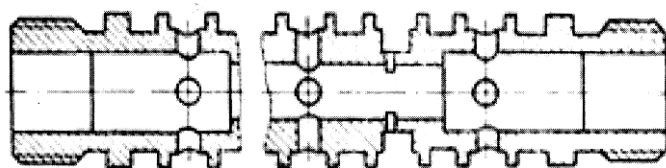


Рис. II.7. Золотниковая цилиндрическая гильза.

Шлифование наружной поверхности на круглошлифовальном станке должно обеспечить ее биение относительно центрального отверстия в пределах 0,03 мм и шероховатость 7-го класса. Затем на токарно-винторезном станке производят обтачивание концов гильзы и протачивание канавок. Допустимое биение наружных поверхностей одного конуса относительно другого - не более 0,05 мм. На горизонтально-фрезерном станке фрезеруют шесть прорезей, а на плоскошлифовальном станке их шлифуют.

Следующей операцией является третья притирка отверстия на станке ОФ26, при которой достигается конусообразность не более 0,003 мм и 10-й класс шероховатости. На круглошлифовальных станках шлифуют по наружному диаметру и концам отверстия, получая шероховатость 7-го класса, биение наружного диаметра заготовки по отношению к центральному отверстию и взаимное биение концов отверстий допускается не более 0,02 мм, а перпендикулярность торца к поверхности наружной кольцевой выточки не более 0,03 мм. Затем на круглошлифовальном и на резьбошлифовальном станках шлифуют канавки, наружную поверхность и резьбу с получением следующих технических данных: биение внутреннего диаметра канавок относительно оси центрального отверстия не более 0,03 мм; биение наружного диаметра относительно внутреннего диаметра канавки не более 0,05 мм; биение резьбы относительно центрального отверстия не более 0,03 мм.

Следующей операцией является третья притирка отверстия на станке ОФ26, при которой достигается конусообразность не более 0,003 мм и 10-й класс шероховатости. На круглошлифовальных станках шлифуют по наружному диаметру и концам отверстия, получая шероховатость 7-го класса, биение наружного диаметра заготовки по отношению к центральному отверстию и взаимное биение концов отверстий допускается не более 0,02 мм, а перпендикулярность торца к поверхности наружной кольцевой выточки не более 0,03 мм. Затем на круглошлифовальном и на резьбошлифовальном станках шлифуют канавки, наружную поверхность и резьбу с получением следующих технических данных: биение внутреннего диаметра канавок относительно оси центрального отверстия не более 0,03 мм; биение наружного диаметра относительно внутреннего диаметра канавки не более 0,05 мм; биение резьбы относительно центрального отверстия не более 0,03 мм.

Прожигание щелей производят на электроэрозионном станке «Эрозимат». После термической операции старения в специальной ванне производят окончательную доводку на доводочной бабке, гарантирующей овальность и конусообразность обработанных центральных отверстий не более 0,002 мм. Окончательными операциями являются промывка на специальном стенде, контроль магнитным дефектоскопом на выявление недопустимых трещин, метрологический контроль, промывка, антикоррозионная обработка в ваннах.

Прямоугольные проходные щели. Проходные щели $8^{+0,05} \times 4^{+0,05}$ мм обрабатывают фрезерованием до термообработки и шлифованием после нее. В процессе чистового шлифования срезается припуск 0,02 - 0,025 мм при допустимом смещении противоположных кромок от плоскости до 0,01 - 0,015 мм. Окончательное шлифование производят в такой последовательности: шлифуют верхние кромки, поворачивают гильзу на 180° и без перемещения абразивного круга шлифуют нижние противоположные кромки. После этого окончательно

притирают отверстие гильзы и удаляют заусенцы от шлифования, оставляя острыми отсекающие кромки. Прямоугольные щели можно обрабатывать и предварительным протягиванием уже точно изготовленных отверстий, сверлением и развертыванием. Во избежание заусенцев в центральное отверстие заготовки предварительно помещают корробенд - специальный состав, предотвращающий также и вибрацию при обработке.

Гильзы с отверстиями обрабатывают и протяжками; точность изготовления таких пазов 0,015 - 0,025 мм, а смещение кромок до 0,005 мм. Для этого инструменты устанавливают с точностью 0,005 мм; приспособления изготавливают с точностью 0,0025 мм. После обработки протяжками снимают заусенцы, корробенд выплавляют в воде при температуре 70 - 90° С.

Сборные гильзы. Для получения оптимальных характеристик при работе золотника делают прямоугольные проходные щели в разъемной сборной гильзе. Части гильзы шлифуют с допусками: на средние детали 0,005 мм, на концевые - 0,0125 мм; при этом соблюдают перпендикулярность торцов к осям, скругление острых кромок допускается в пределах 0,0025 мм. Затем золотник собирают и паяют в печи на шлифовальных керамических стержнях; при сборке до пайки в местах стыков помещают медную фольгу толщиной 0,01 мм. Собранный золотник стягивают гайками на болтах и передают в печь. Паяные гильзы испытывают на герметичность при различных давлениях.

Проходные щели в золотниковых распределителях. Известно, что важным требованием, предъявляемым к золотникам, является обеспечение линейной, а в некоторых случаях нелинейной зависимости расхода рабочей жидкости от скоростных характеристик передвижения исполнительных механизмов. Поэтому при обработке проходных щелей в цилиндрических и плоских золотниковых распределителях необходимо соблюдать высокую точность размеров, формы, взаимного расположения и требуемую шероховатость обработанной поверхности.

Щели в гильзах цилиндрических распределителей с кольцевыми проточками. Проходные щели в виде прямоугольных кольцевых выточек должны отвечать следующим техническим требованиям: отсекающие кромки после термообработки - острые, биение их по отношению к внутреннему диаметру гильзы до 0,015 мм; точность линейных размеров щелей и их расположения до 0,05 мм, а качество поверхности 7 - 9-го классов шероховатости.

Обработка проходных щелей производится алмазным инструментом, одно- и двухкромочными резцами из твердых сплавов, набором фрез ($d_{отв} \geq 20$ мм). Для устранения вибраций и отжима инструмента при обработке кольцевых выточек в гильзах D 5-10 мм применяют специальное приспособление и резец Т15К6. Рабочая кромка токарного резца принимается равной ширине выточки. В цанге зажимают хвостовик резца. Поворачивая вручную маховик, насаженный на червяк, производят постепенное врезание резца, образующего выточку, после чего резец выводят из кольцевой канавки. Наиболее удаленные канавки в золотниковой гильзе вытачивают первыми.

Предварительную подготовку кольцевых канавок до термообработки производят расточным резцом, на окончательную обработку оставляют при-

пуск 0,2 мм. Ширину проходных щелей и расстояния между ними выполняют с точностью 0,01 - 0,015 мм по 7-му классу шероховатости.

Термическая и химико-термическая обработки вызывают структурные превращения, остаточные напряжения и деформации. Для устранения перечисленных явлений отсечные кромки шлифуют алмазными кругами, так как при этом снижаются усилия и температура в зоне резания. Целесообразно использовать более прочные и износостойкие алмазные круги на металлической связке. Применяемая СОЖ обычно состоит из 1 - 3% содового раствора или эмульсии с 5 - 7% щелочи; обработку ведут на внутришлифовальных станках 3А225, 3А227. Для окончательного шлифования выбирают круги, которые по ширине на 0,3 - 0,5 мм меньше обрабатываемых канавок.

После окончательной обработки прерывистых щелей, образованных цилиндрическими поверхностями, необходимо обеспечить место расположения их в одной плоскости и перпендикулярность к оси гильзы.

Окончательную обработку щелей ($d \geq 1$ мм) производят доводкой (припуск 0,02 - 0,03 мм); шлифование на высокоскоростных шпинделях (0,2 - 0,3 мм); электроискровой обработкой (1 - 1,5 мм) за один проход в целом материале; полыми электродами обрабатывают щели больших размеров. Форма поверхности при электроискровой обработке определяется точностью оборудования, копирования электрода-инструмента, его изготовления, расположения инструмента и детали, а также режимами и условиями обработки, стойкостью инструмента.

С целью повышения производительности обработки целесообразно использовать электрод из электрографита ЭЭГ, а для улучшения точности и шероховатости обработанной поверхности - из красной меди М1 и латуни ЛС-59.

Электроды фрезеруют, опиливают до требуемых размеров, затем доводят на чугунной плите и на стекле. Щели размерами 0,3 x 0,3 мм в золотниковых распределителях обрабатывают электродами, изготовленными методами электроискровой обработки из твердого сплава ВК8.

Необходимую перпендикулярность отсекающих кромок к оси гильзы получают точной установкой электрода-инструмента, выверяемой с помощью индикатора в пределах 0,005 мм. Прожигание щели производят предварительно насквозь и окончательно калибруют, причем длина калибрующей части электрода-инструмента принимается в 2,5 раза больше толщины обрабатываемой гильзы. На рис. II.8 показан порядок прожигания проходных щелей в гильзах

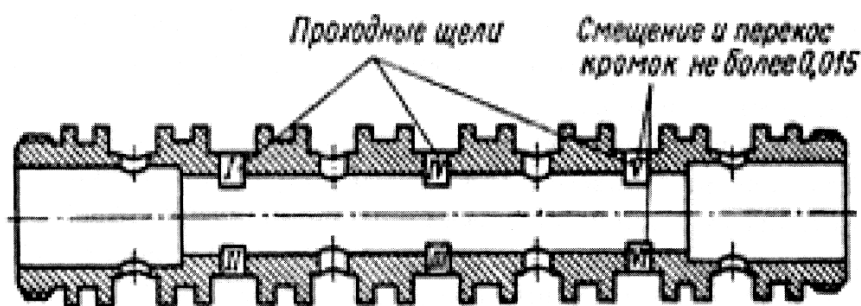


Рис. II.8. Порядок прожигания проходных щелей в гильзах.

цилиндрических распределителей, обеспечивающий несовпадение отверстий в одной плоскости в пределах 0,015 мм. Производя предварительную и окончательную калибровочную обработку щели I и, повернув де-

таль на 180° , обрабатывают таким же образом щель II, затем эту деталь устанавливают для обработки следующей пары идентичных щелей и т. д.

Режимы обработки принимают примерно следующие. Цилиндрический золотниковый распределитель из стали P18 с размерами щелей $1,6^{+0,05} \times 1,3^{+0,05}$ мм, толщиной стенки гильзы 0,5 мм обрабатывают в керосине на станке «Эрозимат SPE-30-С» при режиме 1 : 1200 Ом; 0,005 мкф; 0,3 А, в течение 23 - 25 мин; электрод изнашивается на 0,08 - 1,0 мм; электроды используют размерами 1,68 x 1,28 мм с обработанной поверхностью по 6 - 7-му классам шероховатости; размеры прожженных щелей 1,63 x 1,305 мм; радиус округления отверстий 0,05 - 0,08 мм.

В плоских золотниковых распределителях размеры и расстояния между проходными щелями определяются режимом обработки, точностью изготовления и расположения электродов. Режимы обработки проходных щелей в цилиндрических и плоских распределителях одинаковы. Основные технические требования при изготовлении гильзы следующие: конусообразность и овальность отверстия 0,004 мм; 10-й класс шероховатости; биение кромок относительно центрального отверстия 0,001 мм; биение незаклейменного торца относительно центрального отверстия 0,02 мм и др.

На токарном станке 1A616 отрезают заготовку, сверлят центральное отверстие, подрезают торец, растачивают отверстия и внутреннее закругление. После переустановки заготовки подрезают второй торец и растачивают другое внутреннее закругление. После обточки на оправке в центрах протачивают заготовки по наружному диаметру и наружному закруглению торцов. Затем специальным двухмерным резцом с упором в трехкулачковом патроне с сырыми кулачками или со втулкой растачивают три внутренние канавки D 22 мм (табл. II.2) Затем, установив заготовку в центровую оправку, производят протачивание канавок на наружном диаметре с переустановкой и притуплением острых кромок. На следующей операции, сняв тонкую стружку на торце и установив специальный резец по шлифованной оправке, протачивают канавки 0,18 мм, а также торцовую канавку.

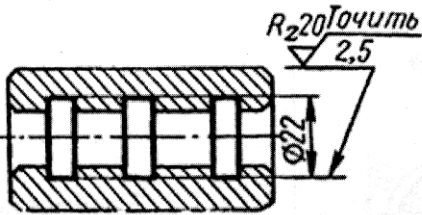
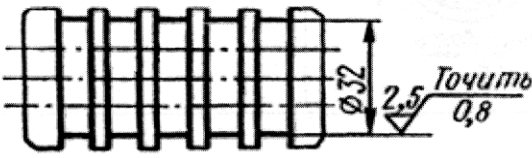
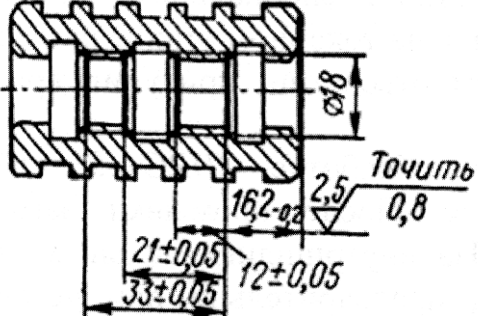
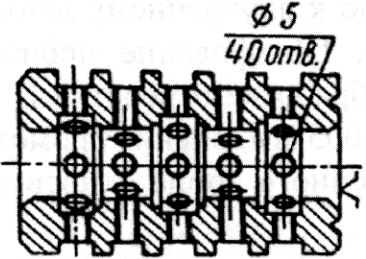
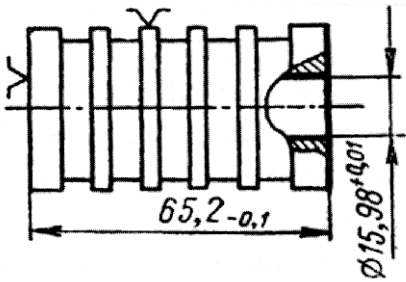
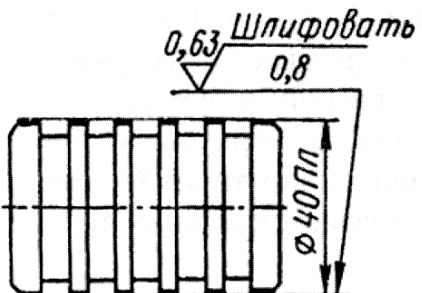
На вертикально-сверлильном станке 2125 в специальном кондукторе сверлят 40 радиальных отверстий D 5 мм, а на токарном станке разверткой D 15,5 мм снимают заусенцы в осевом отверстии, притупив вручную шабером кромки 40 отверстий.

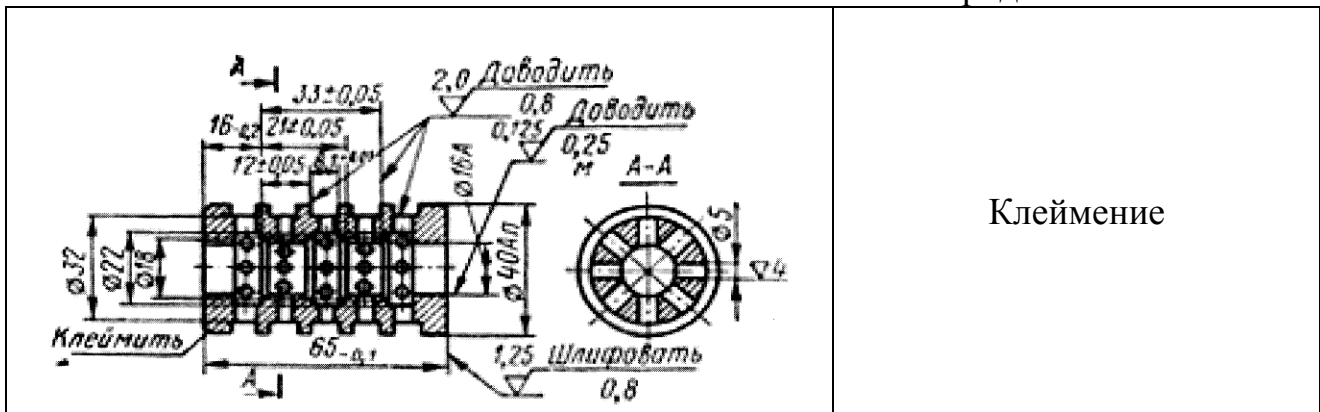
Заготовку подвергают термической обработке (HRC 58 - 62) и оксидированию в гальваническом цехе. После промывки заготовка поступает на шлифовальный участок. На внутришлифовальном станке шлифуют внутренний D $15,98^{+0,01}$ мм, предварительно при установке выверяют биение базового торца по отношению к внутреннему диаметру, с подшлифовкой торца без базовой канавки. Шлифование производят кругом ПВ 15x20x25, Э25-16СМ1-СМ2. При обработке отверстия D 15,98 мм соблюдаются конусообразность и овальность 0,005 мм, биение кромок D 15,98 мм не более 0,001 мм, биение незаклейменного торца относительно отверстия D 15,98 мм - не более 0,02 мм.

На круглошлифовальном станке шлифуют наружную поверхность D 40 мм плоским кругом 300 x 40 x 127, Э20-40С1-С2К. На электромагнитном столе

Таблица II.2

Технологическая карта изготовления гильзы следящего
устройства типа Г61-41-22 (фрагмент)

Эскиз	Операция и узел
	Токарная (расточивание канавок)
	Токарная (протачивание канавок по наружному диаметру)
	Токарная (протачивание канавок D18мм)
	Сверлильная
	Шлифование
	Шлифование наружной по- верхности



Клеймение

плоскошлифовального станка шлифуют второй торец до длины $65^{+0,1}$ мм, соблюдая биение его по отношению к отверстию $0,02$ мм кругом Э25-16СМ1-СМ2. Затем на токарном станке А616 притиром доводят кромки на поверхности $D 18$ мм; доводят отверстие $D 16$ мм и притупляют острые кромки на наружном диаметре, используя притир $D 16$ мм с жимками. После этого деталь промывают в ванне теплым уайт-спиритом. Готовую деталь маркируют электрокарандашом и после контроля ОТК отправляют на сборку.

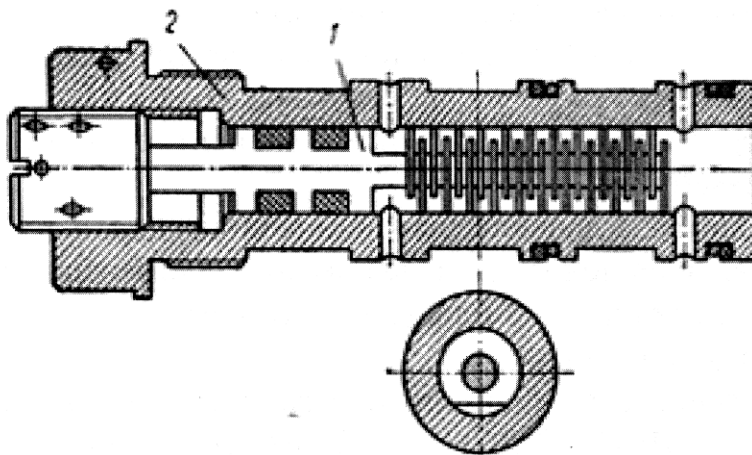


Рис. II.9. Многоступенчатый дроссель с рабочими буртами: 1 - плунжер; 2 - корпус.

Дроссель. Многоступенчатый дроссель с рабочими буртами показан на рис. II.9. Зазор между стенкой отверстия в корпусе и мембраной допускается $4 - 8$ мкм, а отклонение от цилиндричности этих элементов - $2 - 4$ мкм при $8 - 9$ -м классах шероховатости. Основные технические условия на изготовление цилиндрических золотниковых рас-

пределителей дросселирующих элементов сводятся к следующим показателям: диаметральный зазор $5 - 9$; $7 - 10$; $9 - 15$ мкм; отклонение от цилиндричности гильз и золотника $1 - 2$ мкм; размер перекрытия в распределителях $10 - 20$, $0 - 30$, $10 - 40$ мкм; отклонения отсекающих кромок гильзы и золотника от плоскости $10 - 15$ мкм; точность прямоугольных проходных щелей в гильзах $30 - 40$ мкм; радиус округлений $0,05 - 0,1$ мм; округление рабочих кромок золотника не допускается; шероховатость рабочей поверхности гильзы и золотника $10 - 11$ -го классов.

Для плоских золотниковых распределителей: зазор между золотником и пластиной $3 - 4$; $5 - 6$ мкм; допуск на этот зазор 1 мкм; отклонение от плоскостности золотника и пластины $0,3$ мкм; отклонение от параллельности золотника и разделительного кольца 1 мкм; точность геометрической формы щелей, пере-

крытий - по требованиям для цилиндрических золотниковых распределителей; шероховатость рабочих поверхностей 11 - 12-го классов.

На рис. П.10 показано сопло без заслонки. При эксплуатации используют

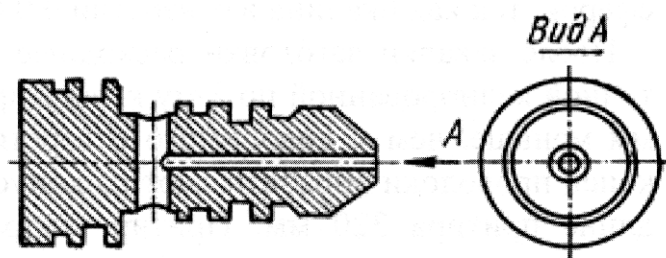


Рис.П.10. Сопло с глухим отверстием.

два сопла, разделенные заслонкой.

Регулируемый дроссель сопло-заслонка испытывает три местных гидравлических сопротивления, регулирование сопротивления осуществляется зазором между соплом и заслонкой.

Сопла изготавливают со сквозными или глухими отверстиями. Основные технические условия, предъявляемые к соплам, следующие: допускаемое различие в общем минутном расходе рабочей жидкости сопел, входящих в комплект гидравлического моста, 3 - 10%; отклонение от перпендикулярности рабочего торца к оси отверстия должно быть 0,03 - 0,05 мм, что необходимо для соблюдения герметичности в зоне контактирования сопла с заслонкой в период, соответствующий нулевому зазору; кромки отверстия сопла - острые. Выполнение последнего требования является наиболее важным в технологическом процессе изготовления детали.

Известно, что для соблюдения симметричности характеристик гидроусилителя важно различие не только расхода жидкостей в соплах, но и площадей торцов парных сопел, а также эксцентricность их наружных и внутренних диаметров.

В двухкаскадных гидравлических усилителях, как и в дросселях типа сопло-заслонка, изменение гидравлического сопротивления связано с переменной величиной площади отверстия, обеспечивающего необходимый расход жидкости.

Для изготовления сопел применяют легированные закаливаемые стали: 1Х17Н2 ($HRC\ 50$), ШХ15 ($HRC\ \geq 55$); ХВГ ($HRC\ \geq 60$).

Заготовки получают из калиброванного прутка стали на токарно-револьверных автоматах или револьверных станках с припуском для последующих операций по торцу 0,3 - 0,4 мм и по отверстию 0,02 - 0,04 мм. После зачистки, мойки и контроля производят подрезку торца, развертывание центрального отверстия, притупление кромок. Биение торца относительно наибольшего наружного диаметра после подрезки допускается не более 0,05 мм, а неперпендикулярность развернутого отверстия относительно торца у наибольшего наружного диаметра - не более 0,02 мм. Термообработку выполняют в печах с защитной атмосферой, так как окалина в отверстии $D\ 0,6$ мм не допускается.

После закалки заготовки расходные отверстия доводят притирами из точной калиброванной по 2-му классу проволоки. Диаметр ее на 0,05 - 0,1 мм меньше, чем у доводимого отверстия. Электрохимическим способом конец проволоки обрабатывают на конус 10° на длине 160 мм, при общей длине притира 320 мм. Притир зажимают в цанге и при 350 об/мин производят доводку отверстий, используя абразивную пасту из карбида бора зернистостью 14 мкм и

керосина Т1. Отверстия обрабатывают по 2 - 3-му классам точности (допуск 0,03 мм) при шероховатости 7-го класса, снимаемый припуск 0,08 - 0,16 мм.

Доводку отверстий диаметром более 1 мм производят сборными упругими лепестковыми притирами. Притиры изготавливают из стальной пружинной нагартованной проволоки (НВ 300 - 320); диаметр ее принимают равным диаметру обрабатываемого отверстия. Эту проволоку наматывают в один слой на круглую оправку, закрепляют и шлифуют на станке, затем снимают, рихтуют, разрезают на заготовки и собирают в оправке. Доводка упругими притирами производится при 1200 - 1800 об/мин и 70 - 80 дв. ход/мин инструмента. Стойкость притиров составляет 60 - 80 мин рабочего времени.

После доводки сопловых отверстий, промывки и гальванической обработки заготовки производят шлифование рабочего наружного торца со стороны выхода соплового отверстия на плоскошлифовальном станке 3701 при соблюдении непараллельности обработанной поверхности относительно противоположной наружной поверхности не более 0,01 мм и 8-го класса шероховатости; после доводки торца на плоскодоводочном станке получают 10-й класс шероховатости. После промывки, притупления острых кромок, снятия заусенцев деталь подвергают окончательной промывке и антикоррозионной обработке в ванне.

Золотниковые коробки (приемники). Заготовки деталей (рис. П.11) из бронзы ОСН10-2-3 получают отливкой в кокиль. Основными операциями при обработке деталей являются черновое и чистовое обтачивание и растачивание кольцевых пазов, чистовое обтачивание наружной поверхности по наружному диаметру, сверление и развертывание отверстий $D\ 8,5$ мм и фрезерование гнезд для головок винтов. Далее обрабатывают приемные отверстия, отверстия под золотник, притирают эти отверстия; подрезают торец с кольцевыми канавками, доводят его и выполняют контроль детали.

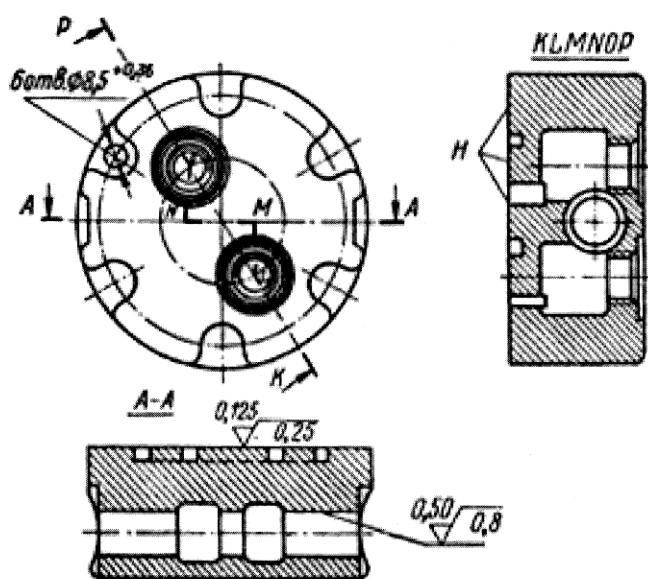


Рис. П.11. Золотниковая коробка гидромотора.



Рис. П.12. Приспособление для обработки приемных отверстий: 1 - корпус; 2 - ромбический палец; 3 - Г-образный прихват.

При обработке детали используется следующая специальная оснастка: кондуктор, устанавливаемый на вертикально-сверлильном станке для сверления шести отверстий $D\ 8,5$ мм; приспособление для фрезерования гнезд у шести отверстий; приспособление для токарной обработки приемных отверстий (рис. П.12). Деталь устанавливают и фиксируют ромбическим пальцем таким образом, чтобы ось приемного отверстия совпадала с осью шпинделя станка.

Отверстие под золотник

сверлят, растачивают, развертывают, доводят дубовым притиром 4-микронной пастой (снимаемый припуск 0,05 - 0,06 мм). Торец притирают на доводочном станке 4-или 7-микронной пастой. В процессе контроля приемников проверяют качество рабочих поверхностей, размер и concentricность рабочих пазов, симметричность отверстия под золотник, герметичность, размер и прямолинейность отверстия под золотник, перпендикулярность резьбы отверстий к торцу, плоскостность поверхности *H*. Для контроля используют специальные калибры. Гидравлические испытания производят при давлении жидкости 120 кгс/см² в течение 3 мин, температуре жидкости 15 - 50° С. Рабочая жидкость - веретенное масло.

Допускается подбор золотника по корпусу. Выпуклость на поверхности *H* проверяют линейкой.

Распределители гидронасосов. Эти детали (рис. II.13) представляют собой сложнофасонные диски с точным расположением отверстий.

Основные технические требования, предъявляемые к гидронасосам, следующие: кромки на поверхности изготавливаются чистыми и острыми, подковообразные пазы на глубине 1 мм от поверхности имеют выдержанные размеры; поверхность *P* цементируется на глубину $0,6 \pm 0,12$ мм (низкоуглеродистая сталь 12ХН2А) или закаливается (*HRC* 58 - 62); кроме кромок на поверхности

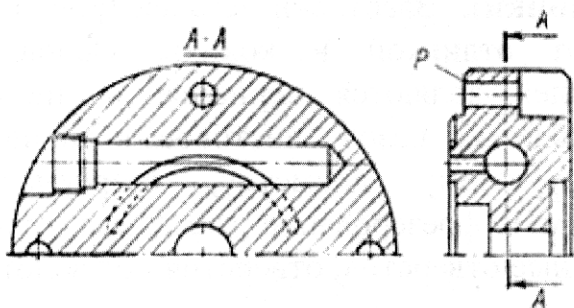


Рис. II.13. Распределитель гидронасоса.

внутренние и наружные углы притупляются до $r = 0,4$ мм. Диаметры расточек могут иметь эксцентриситет относительно оси малого отверстия не более 0,05 мм.

Техническими требованиями на изготовление распределителя гидромотора предусматривается выполнение острых кромок в местах пересечения торцевой плоскости с

поверхностями расточек. Допускается биение расточек относительно центрального отверстия 0,05 мм. Непараллельность рабочих плоскостей допустима в пределах 5 мкм; выпуклость их не разрешается, вогнутость зеркала - не более 3 мкм; качество поверхности зеркала должно быть не ниже 11-го класса шероховатости. Высокая износостойкость - важное требование, предъявляемое к распределителям, поэтому сопрягаемые с ними детали изготавливаются из бронзы (блоки, приемники), а распределители - из износостойкой стали ШХ15, цементуемых сталей марок 20, 20Х, 12ХН2А.

Порядок обработки распределителя следующий: черновая обработка всех наружных поверхностей и сверление центрального отверстия; цементация плоскостей *P* на 0,8 - 1,3 мм; шлифование торцов; чистовая обработка центрального отверстия; кольцевого паза и получистовое растачивание отверстия для подшипника; обработка отверстий (сверление, зенкерование, развертывание) для крепления к корпусу и одного базового; растачивание и развертывание отверстий, обработка подковообразных пазов, резьбы; закалка рабочей поверхности и доводка.

Итак, после цементации шлифуют торцы на магнитной плите плоскошлифовального станка, оставляя припуск на доводку. Для обеспечения соосности поверхностей детали в дальнейших операциях за основную технологическую базу принимают малое отверстие. В специальном приспособлении, устанавливаемом на токарном или револьверном станке, обрабатывают кольцевой паз, отверстия для подшипника и другие поверхности.

Обработку остальных отверстий производят в кондукторе на вертикально-сверлильном станке, агрегатно-сверлильном семипозиционном станке; одновременно обрабатывают по шесть деталей. Здесь по позициям производят зенкерование, сверление, продолжение сверления до большей глубины, развертывание до чистового размера, выгрузку и загрузку.

В связи с высокими требованиями, предъявляемыми к качеству детали, чистовое развертывание малого отверстия выполняют отдельной операцией на вертикально-сверлильном станке. Подковообразные пазы обрабатывают в специальном приспособлении на фрезерном станке. После снятия заусенцев и нарезания резьбы производят закалку рабочей плоскости до $HRC\ 58 - 62$, очищенное от окалины базовое отверстие малого диаметра развертывают и окончательно обрабатывают подковообразные пазы.

Клапаны. Ответственные детали гидроприводов - клапаны (рис. II.14) - изготавливают из различных материалов. Седла клапанов выполняют из бронзы; при изготовлении корпуса из бронзы - в нем образуют и седло.

Плотное контактирование клапана с седлом обеспечивается притиркой, кроме того, при изготовлении шариковых клапанов невысокой точности ударом по шарiku на седле образуют поясок. Клапаны высокой точности с конусной посадкой на седле и тарельчатые изготавливают из сталей У10А, 48А, закаливаемых до получения $HRC\ 56 - 60$. Конус клапана обрабатывают коническим зенкером с шарошкой, а доводку с пастой производят после термообработки. Для доводки используют чугунные и медные притиры. В некоторых случаях производят взаимную притирку клапана с седлом. Затем клапанную пару промывают и протирают. При изготовлении клапанов с плоскими посадочными поясками производят тонкое шлифование контактирующих поверхностей до 10 - 11-го классов шероховатости и последующую притирку.

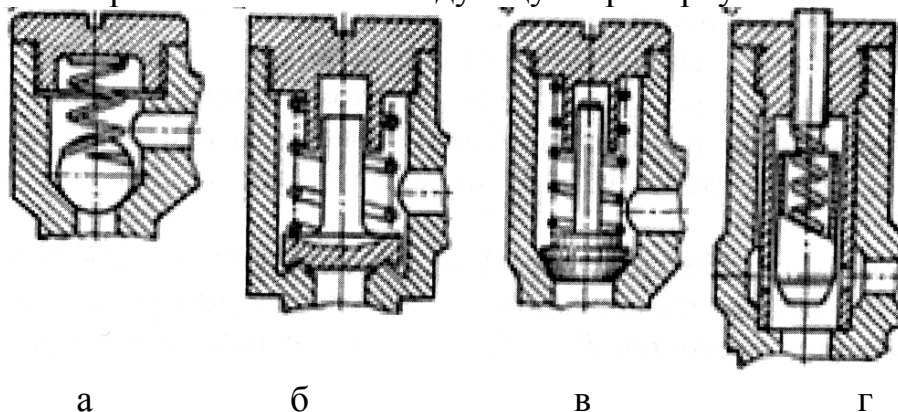


Рис. II.14. Конструкции клапанов гидроприводов: а - шариковые; б - фигурные; в - конические; г - плунжерные.

Корпус клапана изготавливают (табл. II.3) из стали 40Х диаметром 28 мм.

На отрезном станке 8Б66 дисковой пилой из стали Р18 (D 710 мм) отрезают прутки длиной $800 \pm 2,0$ мм со скоростью 26 м/мин с охлаждением маслом промышленным 20. После промывки от масла и грязи в баке с керосином заготовку обрабатывают на токарном станке 1Е61М. Ее устанавливают в шпинделе станка и закрепляют в трехкулачковом патроне. Затем подрезают торец, сверлят отверстие и отрезают деталь. Точение производят резцами Т15К6 при $v = 40 - 100$ м/мин, $S = 0,2 - 0,3$ мм/об; отверстия D 8 мм сверлят при $v = 10$ м/мин, $S = 0,1$ мм/об. После перестановки детали в центрах токарного станка протачивают поверхность по наружному диаметру проходным резцом Т15К6 при $v = 100$ м/мин, $S = 0,3$ мм/об. Установив деталь в патрон, подрезают торец и рассверливают часть отверстия при $v = 26$ м/мин, $S = 0,15$ мм/об; зенкуют внутреннюю фаску и зенкеруют конус $60^\circ \pm 15'$ при $v = 26$ м/мин, $S = 0,1$ мм (ручная подача). Переустанавливают деталь в центрах и вытачивают канавки по наружному диаметру резцами Т15К6 при $v = 50 - 60$ м/мин, $S = 0,1$ мм (ручная подача); переустанавливают заготовку в патрон до упора и нарезают резьбу метчиком при $v = 10,5$ м/мин.

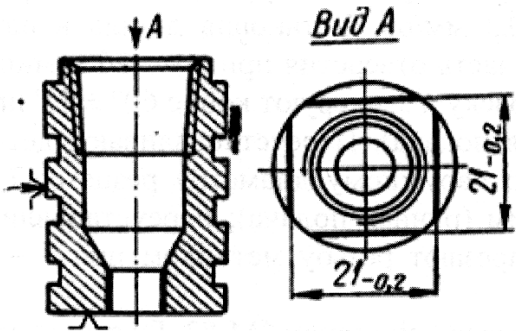
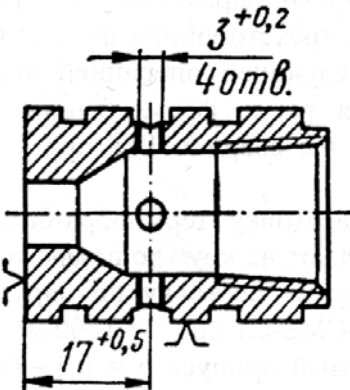
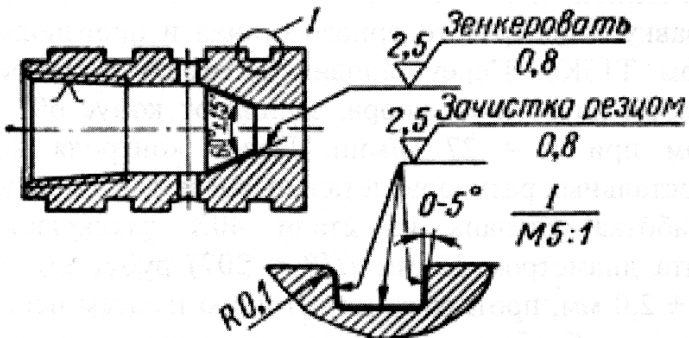
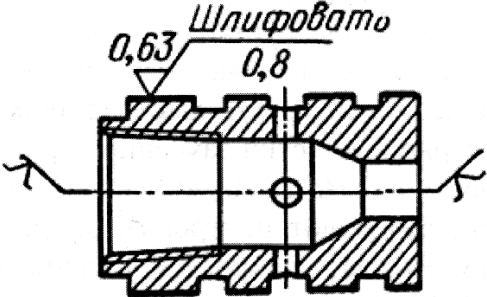
Затем заготовка поступает на фрезерный станок 6М-83. Ее закрепляют в трехкулачковом патроне делительной головки, фрезеруют квадратную часть заготовки набором из двух дисковых трехсторонних фрез D 63 мм при $v = 14,4$ м/мин, $S = 100$ мм. Следующей операцией является слесарная зачистка заусенцев, оставшихся после фрезерования. Затем сверлят четыре радиальные отверстия D 3 мм сверлом Р18 при $v = 14$ м/мин и $S = 0,1$ мм/об и зенкеруют конус.

После слесарной зачистки заусенцев заготовку термообрабатывают ($HRC\ 45 - 50$), очищают от окалины и передают на круглошлифовальный станок 3Б151. На станке в центрах шлифуют заготовку по наружному диаметру кругом ПП600 х 40 х 305, Э25-16СМ2-С1 при $v = 1800$ м/мин, $S = 0,3$ мм/об, $t = 0,02 - 0,005$ мм; снимаемый припуск $h = 0,1 - 0,2$ мм, шероховатость обработанной поверхности 8-го класса. Затем деталь устанавливают на оправку в центрах токарного станка и производят зачистку канавок резцом Т15К6. Переустановив заготовку в разрезной оправке в трехкулачковом патроне до упора, зачищают конус $60^\circ \pm 15'$ специальным зенкером при $v = 27$ м/мин. После контроля конуса калибром на краску и остальных размеров, деталь передают на сборку.

Таблица II.3

Технологическая карта изготовления корпуса клапана (фрагмент)

Эскиз	Операция и узел
-------	-----------------

	Фрезерная
	Сверлильная
	Шлифование
	Зачистка канавок и конуса

Механическая обработка клапана из стали 40Х заключается в следующем. Из проката диаметром 12 мм ($HB < 207$) рубят на прессе заготовки длиной $800 \pm 2,0$ мм, протирают их ветошью и затем передают на токарно-автоматную обработку: подрезают торец, центруют, обтачивают поверхности, отрезают фаску, переустанавливают деталь и нарезают резьбу. Затем заготовку устанавливают в специальном приспособлении на фрезерном станке и фрезеруют лыски с поворотом приспособления на 120° . После слесарной зачистки заусенцев производят термообработку заготовки до получения HRC 28 - 32 и химическую очистку

детали. На токарном станке зачищают центровые отверстия от окалины центровым сверлом $D\ 1\text{ мм}$ и передают на операцию шлифования.

На круглошлифовальном станке 3Б151 деталь в специальной оправке с хомутиком устанавливают в центрах, шлифуют поверхности по наружному диаметру (рис. II.15) при $n = 300\text{ об/мин}$, $t = 0,001\text{ мм}$ за пять проходов кругом $450 \times 63 \times 127$, Э25С1-СТ1 до получения размера и шероховатости 7-го класса. Шлифуют также торец до 6-го класса шероховатости, соблюдая перпендикулярность его к оси детали в пределах $0,02\text{ мм}$.

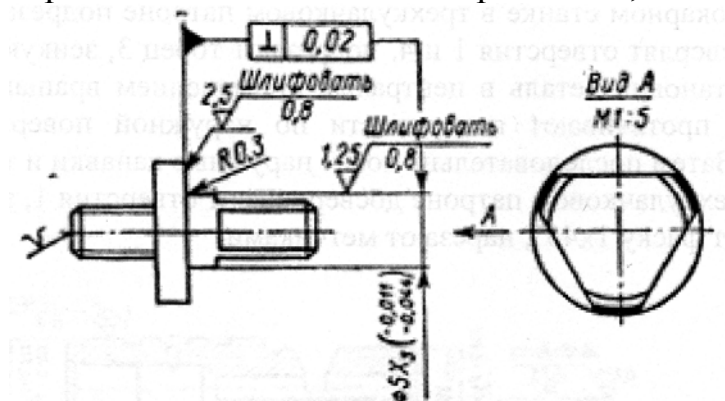


Рис. II.15. Клапан после операции шлифования.

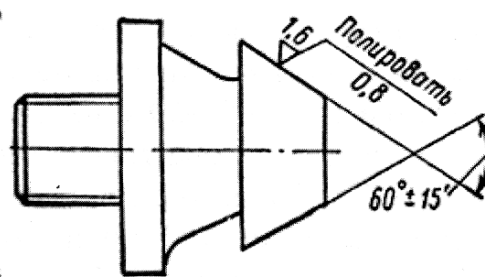


Рис. II.16. Эскизы заготовки обратного клапана после операции полирования.

После шлифования 20% деталей подвергают контролю. Детали укладывают в тару и направляют на участок сборки.

Обратный клапан изготавливают из стали 45 ($D\ 14\text{ мм}$). На заготовительной операции прутки рубят на эксцентриковом прессе KB235 на заготовки длиной 780^{-2} мм . После промывки в керосиновой ванне на станке 1Е61М подрезают торец, обтачивают поверхность по наружному диаметру и цилиндрическую часть по будущему конусу, протачивают канавку у основания конуса, обтачивают конус и поверхность под резьбу. Деталь отрезают, переустанавливают в трехкулачковый патрон, крепят по наружному диаметру, нарезают резьбу. Режимы точения резцами Т15К6: $v = 21 - 47\text{ м/мин}$, $S = 0,1 - 0,2\text{ мм/об}$, $t = 1 - 3,5\text{ мм}$, при нарезании резьбы М6 плашками $v = 0,9\text{ м/мин}$ $t = 1\text{ мм}$. Затем заготовку отправляют для термообработки до получения $HRC\ 35 - 40$, очищают от окалины и загрязнений в барабане и передают на операцию полирования конуса до 6-го класса шероховатости. Обработку производят в трехкулачковом патроне наждачной бумагой при частоте вращения 1120 об/мин (рис. II.16). После контроля ОТК деталь поступает на сборку.

Втулки. Прецизионная втулка для агрегата смазочной системы показана на рис. II.17. Деталь изготавливается из стали 40Х, окончательно термообработанной до получения $HRC\ 35 - 40$.

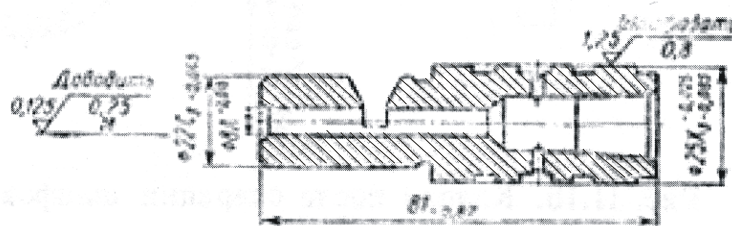


Рис. II.17. Прецизионная втулка для агрегата смазочной системы.

Овальность и конусообразность центрального отверстия втулки не более 0,005 мм, поверхность 9-го класса шероховатости, биение поверхности наружного диаметра относительно центрального отверстия не более 0,05 мм. Пруток D 28 мм на фрезерно-отрезном станке разрезают на заготовки длиной 85^{+1} мм, затем их промывают в ванне с керосином от грязи и масла.

На токарном станке в трехкулачковом патроне подрезают торец 2 (рис. II.18), сверлят отверстия 1 и 4, подрезают торец 3, зенкуют фаску $1 \times 45^\circ$. Переустановив деталь в центрах, с применением вращающегося заднего центра протачивают поверхности по наружной поверхности и фаски $1 \times 45^\circ$. Затем последовательно точат наружные канавки и т. д.

В трехкулачковом патроне досверливают отверстие 1, зенкеруют конус, зенкуют фаску $1 \times 45^\circ$, нарезают метчиками резьбу $3/8"$. Режущий инструмент и режимы резания, применяемые в процессе токарных операций, следующие: резцы проходные T15K6, $v = 80$ м/мин, $S = 0,12$ мм/об, $t = 1,0$ мм, СОЖ - эмульсол содово-мыльный; сверла D 14,7 и 7,2 мм и соответственно $v = 18,5$ и $11,5$ м/мин, а $S = 0,1$ мм/об (ручная подача); резец подрезной T15K6, $v = 88$ м/мин, $S = 0,13$ мм/об, $t = 0,7$ мм. Для протачивания канавок используют резцы отрезные T15K6 при $v = 45 - 50$ м/мин, $S = 0,1$ мм/об (ручная подача).

Отверстия обрабатывают сверлами D 14,7 и 18,0 мм при $v = 25 - 28$ м/мин, $S = 0,1$ мм/об; специальной зенковкой при $v = 20$ м/мин, $S = 0,1$ мм/об; метчиком $3/8"$ при $n = 20$ об/мин.

После проверки ОТК деталь поступает на сверлильную операцию. В кондукторе сверлят четыре радиальных отверстия с поворотом детали сверлом D 3 мм при $v = 30$ м/мин, $S = 0,1$ мм/об. Затем фрезеруют лыски с поворотом детали на 90° и 60° . В качестве режущего инструмента используют фрезы дисковые - D 100/10 при $v = 50$ м/мин, $S = 80$ мм, $t = 5$ мм. В процессе следующей слесарной операции зашлифовывают заусенцы, притупляют острые кромки после сверления и фрезерования. После контроля ОТК детали поступают на термическую обработку до получения HRC 35 - 40 и химическую чистку от окалина, образовавшейся в процессе закалки.

Ответственной операцией является развертывание, выполняемое на токарном станке комплектом разверток. Деталь закрепляют в державке токарного патрона и центральное отверстие последовательно обрабатывают шестнадцатью развертками диаметрами: 7,4; 7,5; 7,6; 7,65; 7,7; 7,75; 7,78; 7,8; 7,82; 7,84; 7,86; 7,88; 7,90; 7,92; 7,94; 7,96 мм. Частота вращения детали при обработке развертками соответственно равна: 50 об/мин для D 7,4 - 7,6; 140 об/мин для D 7,65 - 7,88; 100 об/мин для D 7,90 - 7,96. После обработки каждой разверткой

детали промывают в бензине Б70, а развертки протирают кистью в сульфоре-золе. Затем деталь проверяют на овальность и конусообразность, которые до-пускаются до 0,01 мм; шероховатость обработанной поверхности отверстия должна быть 9-го класса.

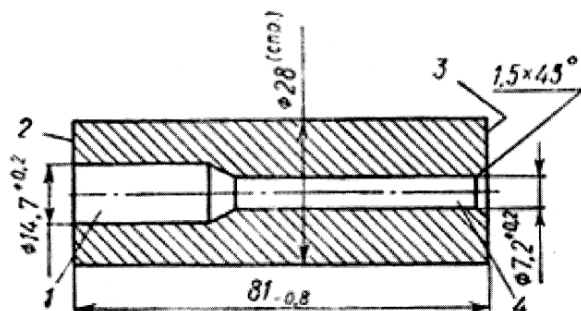


Рис. II.18. Эскиз токарной обработки централь-ных отверстий и торцов прецизионной втулки.

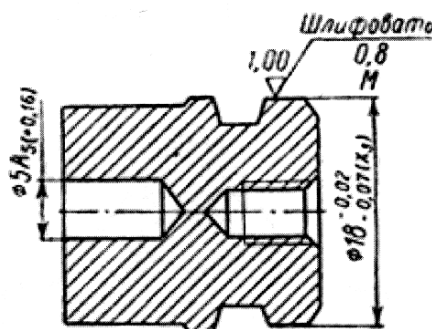


Рис. II.19. Поршень гидро-аппаратуры.

Следующая операция - шлифование втулки по наружному диаметру до получения размеров D 25Xз (-0,025 - 0,085) и D 22Сз (0,045) и шероховатости поверхности 7-го класса. Деталь на оправке в центрах шлифовального станка обрабатывают кругом 600 x 63 x 305, СМ1-СМ2 при n - 280-300 об/мин или v = 20 м/мин и t = 0,001 мм; снимаемый припуск 0,3 мм на сторону. Далее шли-фуют торец. Взаимное биение наружных диаметров обработанной поверхности допускается не более 0,05 мм. На токарном станке зачищают канавки канавоч-ным резцом при v = 19,9 м/мин с ручной подачей 0,1 мм/об. Обработанная та-ким образом деталь поступает на предварительную доводочную операцию. Оправку с притиром устанавливают в цанге доводочной бабки, деталь закреп-ляют в державке, пасту АП-10 наносят на притир и производят доводку до D 7,993 - 7,996 мм. Затем окончательно доводят пастой АП-3 до D $8^{+0,016}$ мм. Де-таль промывают в бензине, протирают ветошью, маркируют электрографом.

Поршни. Заготовки из стали 45 (D 20 мм) рубят на прутки длиной 720^{-1,0} мм с помощью штампа на эксцентриковом прессе КВ-235. Уложенные в корзи-ну прутки промывают в ванне с керосином. На токарно-револьверном станке 1341 заготовки устанавливают и закрепляют в цанге. Подрезку торца и сверле-ние отверстия производят при v = 18,5 м/мин, S = 0,06 мм/об; точение поверх-ностей - при v = 68 - 74 м/мин, S = 0,2 мм/об с охлаждением эмульсией; прота-чивание канавки - при v = 28 м/мин S = 0,05 мм/об (ручная подача), t = 3,5 мм. Затем заготовку отрезают. После переустановки подрезают торец и фаски при v = 74 м/мин, S = 0,05 - 0,12 мм/об; сверлят второе отверстие с обработкой фас-ки, нарезают резьбу метчиком М5 при v = 0,9 м/мин.

Заготовку передают на термическую обработку до получения HRC 35 - 40, затем производят химическую очистку от окалины и гальванопокрытие. По-сле этого заготовку шлифуют по наружному диаметру на круглошлифовальном станке 3А130 в центрах с использованием хомутика (рис. II.19) при 2110 об/мин и подаче 0,005 мм кругом ПП 250x350x32 до заданного размера и шероховато-сти 7-го класса. При этом соблюдают соосность отверстий D 5 и 18 мм в преде-лах 0,1 мм. Далее деталь поступает в ОТК.

Обоймы и люльки. Обойма в отличие от люльки не имеет маслопроходов и распределительного зеркала. Обойма гидронасоса показана на рис. П.20. При ее изготовлении плоскость *H* (для установки подшипников) должна быть строго параллельной оси цапфы, допускаемое отклонение 0,05 мм; допу-

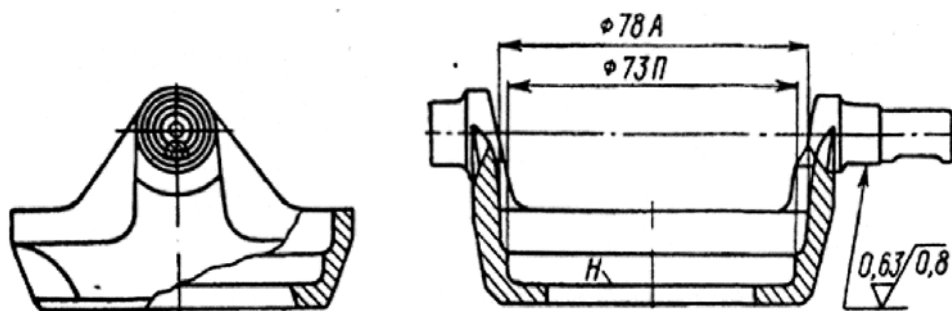


Рис. П.20. Обойма гидронасоса.

стимая неконцентричность шеек 0,01 мм, а отверстий D 73П и 78А - до 0,05мм. Обоймы и люльки изготавливают из сталей 35, 50, 40Х, 30ХГС, цементируемых сталей 20, 20Х, 12ХН2А. Механическая обработка обоймы включает следующие операции: сверление, растачивание отверстия, подрезка торцов и центровка цапф, продольное точение, подрезка фасок и торцов цапф (оставляемый припуск 0,6 мм на диаметр), предварительное шлифование цапф (оставляемый припуск 0,2 - 0,3 мм), токарная чистовая обработка в специальном приспособлении торца чашки, ее конуса фаски и отверстия.

Затем производят черновую и получистовую обработку отверстий D 3П и 78А, фасонных наружных поверхностей, чистовое шлифование цапф, чистовую обработку отверстий В73П и 78А, фрезерование шпоночного паза, оксидирование.

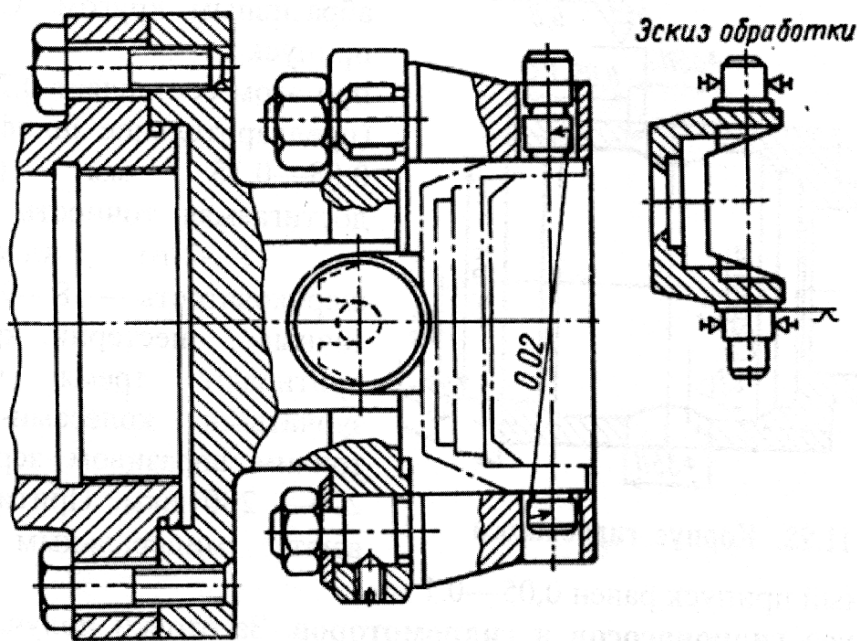


Рис. П.21. Приспособление для расточки обоймы.

Получистовую и чистовую обработку отверстий D 73П и 78А выполняют на токарном или револьверном станке в специальном приспособлении (рис. П.21) с использованием многоинструментальной головки. При изготовлении люлек осуществляют дополнительные операции по обработке зеркала, сверлению отверстий для подвода масла, а также под заглушки и

штуцера.

Зубчатые колеса шестеренных насосов. Они изготавливаются с крупным модулем и минимальным зазором между колесом и корпусом по вершинам зубьев по торцовым поверхностям. Колеса выполняют из стали 20Х (цементи-

руемой и закаливаемой), 45, 50, 40Х (закаливаемых), а также из твердых марок бронз.

Технические требования к зубчатым колесам насосов предъявляются следующие: несоосность посадочного отверстия с наружным диаметром детали допустима до 0,01 мм; несоосность наружной и делительной окружностей - в пределах 0,2 мм; отклонение по ширине зубчатых колес от номинального значения - не более 0,01 мм; неперпендикулярность торцовых плоскостей колес к осям - 0,01 мм на длине 100 мм. Зубчатые колеса изготавливают по 2-му классу точности посадки Х по наружному диаметру.

При штучном или мелкосерийном производстве несколько операций по обработке зубчатых колес производят на одной оправке без съема деталей, при этом ошибки устраняют в результате их перестановки. Так, чистовое обтачивание, подрезка торцов, зубонарезание, производимое с одной установки на оправке, обеспечивает также и высокую concentricity делительной и наружной окружностей и посадочного отверстия и перпендикулярность торцов. Качество нарезаемого зубчатого колеса в значительной степени зависит от предыдущей операции. Обычно нарезание зубьев производят зубофрезерованием, реже - на зубодолбежных станках. Затем зубья шевингуют, шлифуют, притирают. Шевингованием снимается припуск 0,15 - 0,3 мм, толщина срезанной стружки составляет 0,005 - 0,01 мм, точность колес после шевингования должна быть 1 - 2-го классов, а шероховатость - 8 - 10-го.

Шлифование зубьев колес производят после термообработки с целью исправления тепловых деформаций методом копирования дисковым кругом или обкатки тарельчатым абразивным кругом. Снимаемый припуск при этом составляет 0,25 - 0,5 мм (предварительное шлифование) и 0,08 - 0,15 мм (чистовое), достигаемая точность обработки - 1-2-го классов, а шероховатость - 8-9-го. Очень точные шестерни, кроме того, притирают тремя чугунами зубчатыми колесами-притирами тонким абразивом зернистостью 200 - 250 мкм. Прити-

ры смачивают минеральным маслом. Снимаемый припуск равен 0,05 - 0,1 мм.

Корпуса гидронасосов и гидромоторов. Заготовки получают в виде отливок или горячештампованных деталей. Материалом для них может служить сталь 35, чугун, бронза и алюминиевые сплавы. Точность изготовления корпусов должна отвечать требованиям обеспечения правильного расположения в них деталей. На рис. II.22 показаны основные параметры корпуса, точность изготовления которого

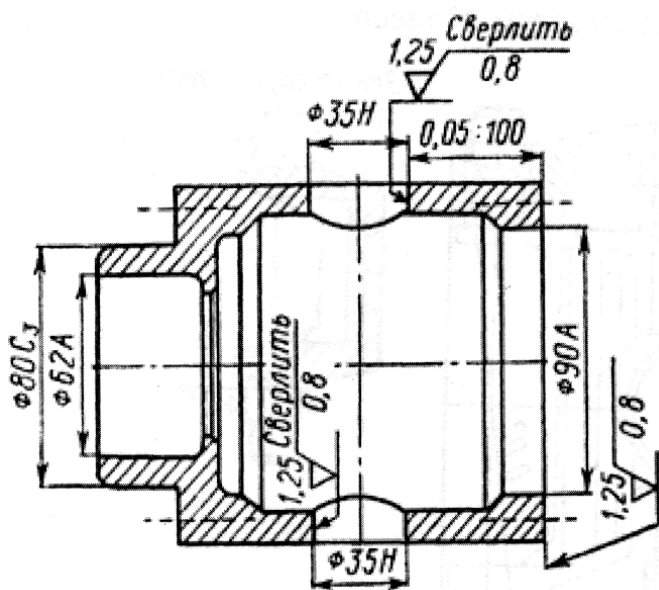


Рис. II.22. Корпус гидронасоса.

находится в пределах 2 - 7-го классов; шероховатость обработанной поверхности 7 - 8-го классов. Несовпадение осей отверстий 90А и 35Н допустимо до 0,05 мм. Отклонение от concentричности отверстий составляет 0,05 мм, от перпендикулярности - 0,05 мм. Выпуклость поверхностей не допускается, допустимая вогнутость - 5 мкм. Выполнение указанных требований должно обеспечить соответствующую техническим условиям герметичность.

Из трех отдельных этапов механической обработки (черновой, чистовой и отделочной) мы рассмотрим только два последних. Точность размеров и формы деталей обеспечивается рядом технологических мероприятий, а также чистотой обработки; особо высокую точность и качество поверхностей получают в результате отделочной обработки. При чистовой обработке производят следующие основные токарно-револьверные операции: обработку торцов, отверстий и внутренней полости. Для торцов и отверстия D 62А используется специальное приспособление с пневматическим приводом, обеспечивающее обработку нескольких поверхностей с одной установки. Затем обрабатывают в специальных приспособлениях наружные поверхности на специализированных токарных, фрезерных и шлифовальных станках.

Радиальное отверстие D 35 мм для обоймы подшипника обрабатывают на вертикально-сверлильном станке посредством поворотного кондуктора. При массовом производстве для этой операции используют агрегатные станки. Затем шлифуют поверхности D 80СЗ, торец у отверстия D 90А, окончательно растачивают отверстие D 35Н на алмазно-расточном станке.

Круглые корпуса сервоцилиндров. Корпус рис. (II.23) изготавливается из серого чугуна литьем в кокиль. Точность его обработки аналогична принятой при изготовлении корпуса гидропривода.

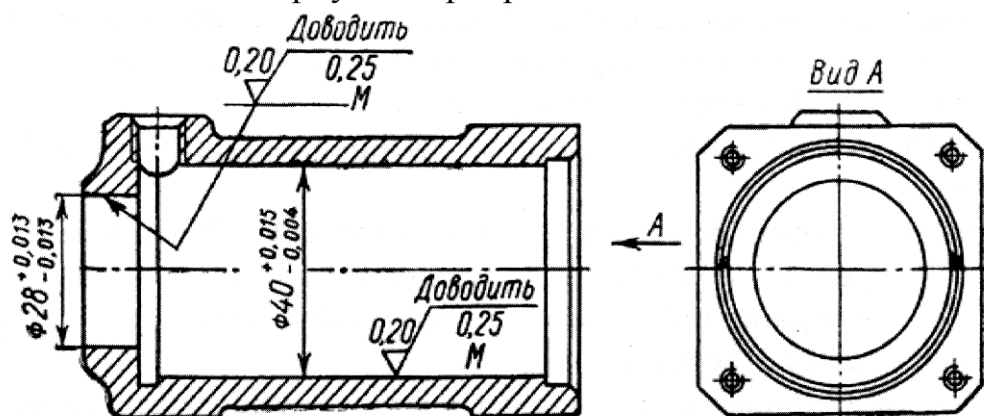


Рис. II.23. Корпус сервоцилиндра.

Сначала производят черновую обработку основных отверстий (рис. II.24). Приспособление для обработки осевых отверстий и торцов, отверстия в корпусе сервоцилиндра, затем черновую и чистовую обработку наружных поверхностей - токарные, сверлильные, шлифовальные и фрезерные операции. После покрытия этих поверхностей цинком срезают припуск 0,2 - 1,0 мм чистовой обработкой отверстий D 28 и 40 мм на алмазно-расточном станке. Заготовки крепят с помощью приспособления (рис. II.24). Отверстия D 28 и 40 мм доводят на

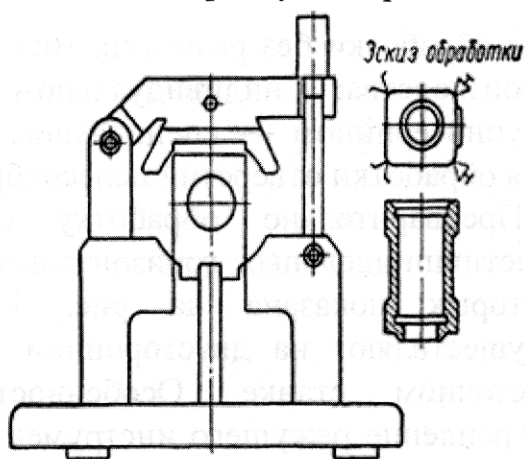


Рис. П.24. Приспособление для обработки отверстия в корпусе сервоцилиндра.

вых поверхностей к осям отверстий 0,01 - 0,1 мм на 100 мм радиуса; непрямолинейность плоских рабочих поверхностей 0,05 - 0,2 мм на 100 мм длины.

Основные поверхности коробчатых корпусов обрабатывают в таком порядке: черновая, чистовая и отделочная обработки вначале опорных плоских поверхностей, затем основных отверстий; обработка вспомогательных отверстий.

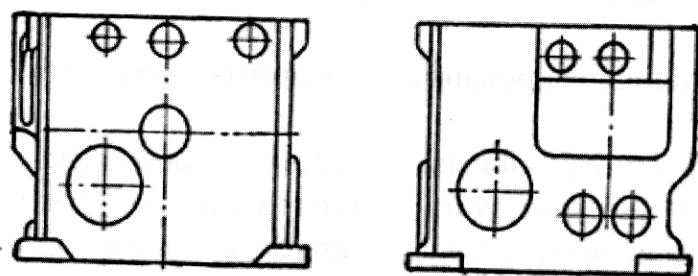


Рис. П.25. Коробчатый корпус гидропривода.

оборудования также зависит от объема производства: в индивидуальном и мелкосерийном - универсальное, в крупносерийном - специальное. В массовом и серийном производстве для обработки отверстий целесообразно использовать агрегатные станки.

Предварительно обработку основных отверстий выполняют на шестипиндельных горизонтально-расточных станках, схема настройки которых показана на рис. П.26. Операцию чистовой расточки осуществляют на двустороннем шестнадцатипиндельном сверлильно-расточном станке. Особенностью чистовой обработки является закрепление режущего инструмента в плавающем приспособлении или в жестком креплении его при точной выверке расположения.

Длинные отверстия обрабатывают с помощью люнетов и направляющих втулок. Заключительная операция обработки основных отверстий корпуса гидропривода в случае изготовления его из силумина - дорнование на гидравлическом прессе. После черновой и окончательной обработок корпус подвергают гидравлическому испытанию керосином под давлением 0,5 кГс/см² в течение 15

станке 4-микронной пастой. Затем детали промывают и отправляют на контроль.

Коробчатый корпус гидропривода показан на рис. П.25. Обработанные корпуса должны отвечать следующим техническим требованиям: точность отверстий - 1 - 3-го классов; погрешность геометрической формы соответствует допуску на диаметр; допуски на непараллельность и перекосы равны допускам на межосевые расстояния; отклонения от соосности составляют 0,5 допуска на диаметр меньшего отверстия; неперпендикулярность торцовых

В мелкосерийном и индивидуальном производстве корпуса перед механической обработкой подвергают разметке, в крупносерийном производстве используют специальные приспособления для обработки без разметки. Вид

- 30 мин в зависимости от технических требований.

Взаимное расположение отдельных поверхностей, формы и размеров проверяют специальными калибрами и приспособлениями.

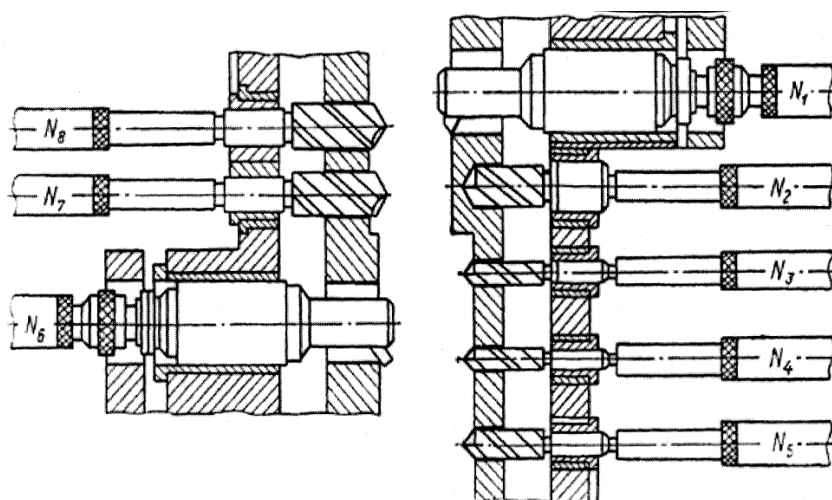


Рис.П.26. Схема настройки агрегатного станка для обработки отверстий в корпусе: N_1 - N_8 - номера позиций.

Так как корпуса из литого силумина обычно имеют раковины, по техническим условиям в них допускаются отдельные газовые раковины с глубиной до $1/5$ толщины стенки не более 2 мм по длине и не более 1 - 2 раковин на площади 50 мм². Раковины могут быть

расположены только в разных сечениях.

Цилиндровые блоки. Блоки являются сложными деталями со значительным количеством точных поверхностей. В блоках, изготовленных из стали, бронзы или серого чугуна, обрабатывают центральные отверстия для насадки вала и цилиндрические камеры для плунжеров аксиальных насосов. Независимо от конструкции блока (подвижная или неподвижная) его зеркало контактируется с распределителем, поэтому оно должно быть точно обработано.

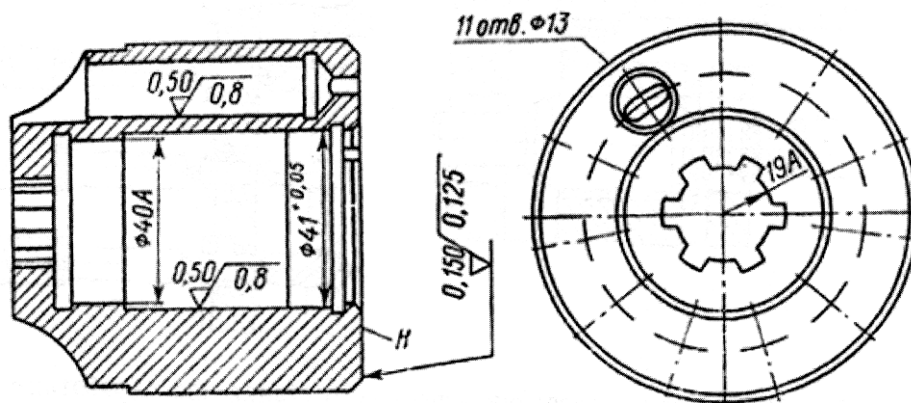


Рис.П.27. Блок гидронасоса.

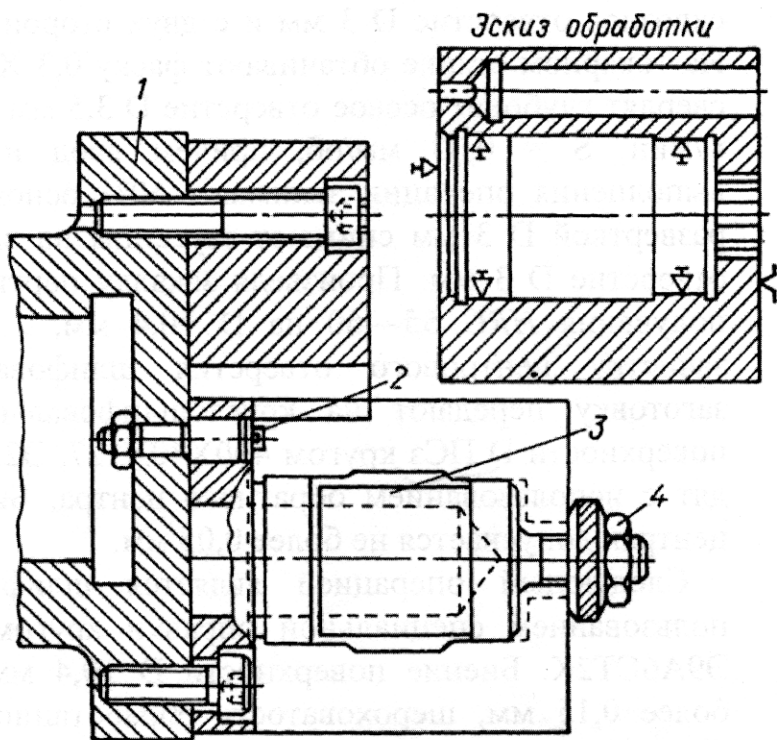
Конструкция типового блока гидронасоса приведена на рис. П.27. Он монтируется на валу гидронасоса и совершает вращательное движение. В процессе механической обработки блока должны быть выполнены следующие технические условия: точность отверстий, обрабатываемых под плунжеры, - 1-го класса ($+0,014$, $+0,007$) допустима индивидуальная подготовка взаимозаменяемых плунжеров; отклонение осей отверстий под плунжеры относительно оси основного отверстия допускается до 0,05 мм на длине 100 мм; конусообразность, овальность отверстий для плунжеров - до 5 мкм; биение торца на радиу-

се 35 мм - до 0,02 мм. Вогнутость плоскости H не должна превышать 5 мкм, выпуклость недопустима. Плоскость H должна быть перпендикулярна к оси отверстия $D\ 40A$. Допустимые отклонения осей отверстий под плунжеры от центра блока $\pm 0,05$ мм. Отверстия $D\ 40A$, $41^{+0,05}$, $19A$ должны быть соосны. На опорных поверхностях блока не допускаются поверхностные дефекты. Кромки овальных окон делают острыми, а кромки круглых притупляют.

После черновой обработки наружных поверхностей и центрального отверстия, используя в качестве технологических баз торец и наружную цилиндрическую поверхность, производят чистовую обработку центрального отверстия и получистовую обработку нерабочего торца и наружной цилиндрической поверхности. В последнем случае в качестве технологической базы используется конструктивная, т. е. ось обработанного отверстия. Затем выполняют обработку шлицев, сверление и получистовое растачивание отверстий для плунжеров. Для чистовой обработки оставляют припуск 0,25 мм на сторону; технологической базой при этом служит ось центрального отверстия и предварительно обработанные с обратной стороны отверстия под плунжеры. Далее производят: чистовую обработку нерабочего торца, получистовую - рабочего торца (зеркала) и чистовую обработку отверстий под плунжеры. Для последующей притирки этих отверстий оставляют припуск 0,02—0,03 мм на диаметр. После фрезерования окон деталь подвергают гидравлическому испытанию.

Следующими операциями являются обработка точением фасонной поверхности, отверстий под плунжеры, чистовая и окончательная обработка зеркала.

Контроль несоосности отверстия $D\ 40A$ относительно отверстий $D\ 41 \pm 0,05$ мм и $19A$, биение и плоскостность торца H производят после чистовой



обработки отверстий для подшипника и вала. Обработка шлицев протяжкой обеспечивает точность их в пределах 0,02 - 0,04 мм и шероховатость 5-го класса. Для обработки бронзы принимают $S = 0,03$ мм/зуб и $v = 1 - 6$ м/мин.

Отверстия под плунжер обрабатывают с помощью специального приспособления (рис. II.28). Это приспособление монтируют на планшайбе 1 револьверного станка; блок гидронасоса устанавливают отверстиями $D\ 40A$ и $41A$ на

Рис. II.28. Приспособление для обработки отверстий под плунжер.

штырь 3, а одним из отверстий $D\ 3,5$ мм - на ромбический палец 2. Таким образом, ось пальца совпадает с осями центров вращения планшайбы и обрабатываемого плунжерного отверстия. Отклонение от перпендикулярности оси шпинделя к опорному торцу не должно превышать $0,01$ мм.

Закрепленная гайкой 4 деталь подготовлена к обработке одного плунжера; затем выполняют следующие переходы: центровку, сверление, растачивание отверстия и внутренней канавки. После этого заготовку переустанавливают для обработки нового отверстия, и повторяют переходы. Чистовую обработку отверстий на алмазно-расточном станке производят в аналогичном приспособлении, снимаемый припуск при этом равен $0,04 - 0,05$ мм. Доводку отверстий под плунжеры осуществляют в две операции 4-и 7-микронной пастой. Следует отметить, что при доводке абразив внедряется в поверхностный слой изделия, в результате такого шаржирования имеет место ускоренный износ плунжеров. Во избежание этого в качестве окончательной операции производят обработку отверстия отделочной разверткой (рейбером) с отрицательным передним углом (независимо от направления ее вращения). Она срезает незначительный припуск и обеспечивает шероховатость обработанной поверхности 8 - 9-го классов.

Зеркало торца H раньше доводили в два перехода на чугунном, а затем на стеклянном дисках. Вследствие шаржирования детали абразивом чистовую обработку этой поверхности теперь производят резцом из твердого сплава на прецизионном токарном станке при $v = 5 - 6$ м/мин.

Точность обработанных отверстий (до 1 мкм) проверяют в трех сечениях на ротаметре. Прямолинейность отверстий контролируют набором удлиненных пробок, заниженных на $5 - 7$ мкм относительно наименьшего размера; параллельность осей плунжерных отверстий проверяют спаренными калибрами-пробками.

II.3. ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ ГИДРООБОРУДОВАНИЯ КРЕПЕЙ

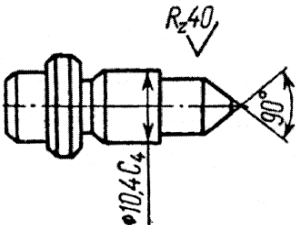
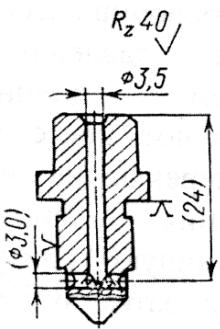
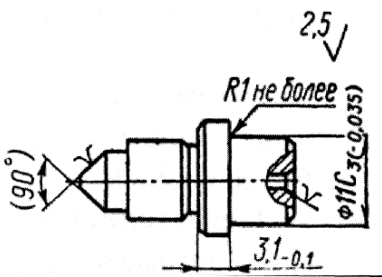
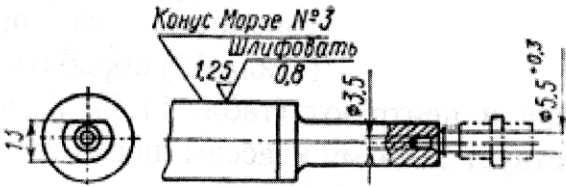
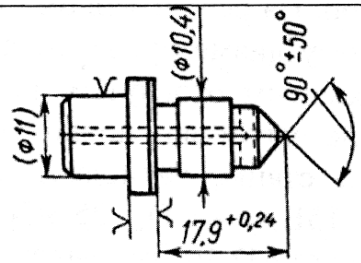
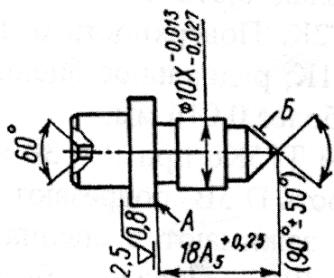
Клапаны гидрооборудования крепей. Клапаны изготавливают из стали ШХ15. Из прутка $D\ 16$ мм после автоматной обработки получают заготовку (табл. П.4), при этом биение конуса 90° относительно детали оси $D\ 10$ мм должно быть технологически обеспечено в пределах $0,1$ мм. Затем снимают бобышку на торце заготовки, оставшуюся после ее отрезки. Центровое отверстие сверлят с соблюдением биения его относительно поверхности наружного диаметра $0,1$ мм.

Далее сверлят сквозное отверстие $D\ 3$ мм и с двух сторон притупляют острые кромки. На токарном станке обтачивают фаску $0,3 \times 45^\circ$. На сверлильном станке сверлят глубокое осевое отверстие $D\ 3,5$ мм и длиной 24 мм при $v = 17,8$ м/мин, $S = 0,03$ мм/об, причем ввод и вывод сверла в процессе выполнения операции занимают 50% основного времени. Изношенной разверткой $D\ 3$ мм снимают заусенцы на выходе отверстия $D\ 3,5$ мм в отверстие $D\ 3$ мм. Произведя закалку партии (300 шт.) на противне до получения $HRC\ 55 - 60$ на $D\ 10,4$ мм, промывку, отпуск, очистку, зачистку центрального отверстия шлифовальным бруском ЭСТК2К, заготовку передают на круглошлифовальный станок для об-

работки поверхности D 11Сз кругом 400х40х127, Э25С2К. Шлифование производят с использованием обратного центра. Биение поверхности D 11Сз в центрах допускается не более 0,05 мм.

Таблица II.4

Технологическая карта обратного клапана гидрооборудования крепей (фрагмент)

Эскиз	Операция и узел
	Токарно-автоматная
	Сверление осевого глубокого отверстия D 3,5 мм
	Шлифование поверхности D 11Сз
	Обратный центр для шлифования поверхности D 11 мм
	Шлифование конуса 90°
	Шлифование поверхности D 10X

Следующей операцией является шлифование конуса 90° с использованием специальной оправки кругом ПП 400 х 40Х х 127, Э9А6СТ2К. Биение поверхности D 10,4 мм в центрах допускается не более 0,15 мм, шероховатость обработанной поверхности 7-го класса. После полирования конуса 90° до шероховатости 8-го класса шлифовальной шкуркой М28 производят хромирование конической поверхности клапана при температуре электролита 55°C , напряжении 8 В, силе тока 600 А, плотности тока 60 А/дм^2 , времени 90 мин, толщине покрытия 36 мкм.

После отпуска деталь поступает на круглошлифовальный станок, на котором кругом 400 х 40 х 127, Э25СТ2К шлифуют поверхность D 10Х, получая 7-й класс шероховатости, и зачищают торец А. При этом выдерживают биение отверстия D 10Х относительно поверхности В не более 0,01 мм, а биение торца А относительно поверхности D 10Х не более 0,025 мм. Очистив отверстие D 3,5 мм от окалины и пригара трехгранным надфилем, полируют конус 90° шлифовальной шкуркой М28 и притупляют острые кромок на поверхности D 10Х с

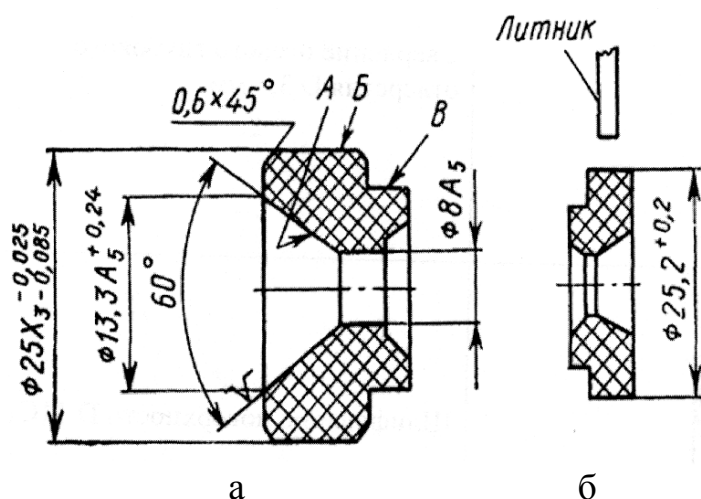


Рис. II.29. Эскизы изготовления седла из целого куска (а) и вариант изготовления в литейной машине (б).

двух сторон брусом Э8СТ3К; допускаемое биение поверхности D 10Х в центрах не более 0,01 мм. Готовая деталь поступает на сборку.

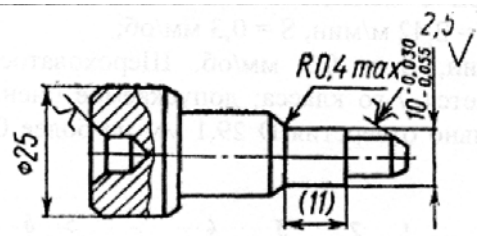
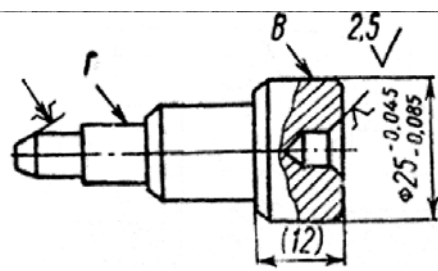
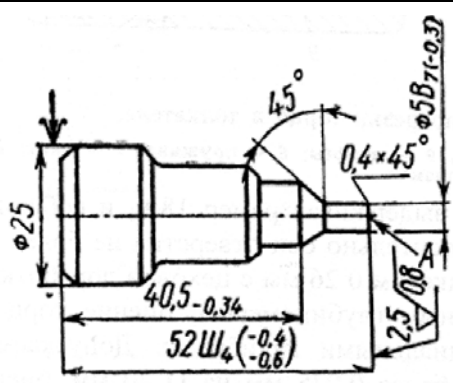
Седла. Седла изготавливают из полиамидной смолы № 68 по ГОСТ 10589 - 63. Установив заготовку в цанге с регулируемым усилием зажима, во избежание деформации детали резцом растачивают большой конус на токарном станке и отверстие D 8Л₅, резцами Р18 при $v = 33\text{ м/мин}$ и $S = 0,1\text{ мм/об.}$ Шабером снимают облой до $R = 0,5\text{ мм}$ и на отверстии D 8Л₅. Допустимое биение конуса относительно поверхности D 25Х₃ не более 0,06 мм (рис. II.29). Переустановив заготовку, обтачивают поверхность D 25Х₃ и фаску $0,6 \times 45^\circ$ проходным резцом Р18 при $v = 73\text{ м/мин}$ и $S = 0,1\text{ мм/об.}$ Биение поверхности D 25Х₃ относительно поверхности А конуса - не более 0,06 мм, а биение поверхности конуса должно быть при установке заготовки - не более 0,03 мм. Радиальное биение поверхности В относительно оси поверхности В не должно быть более 0,12 мм.

После изготовления пресс-формы был принят новый способ изготовления седел в литейной машине: закрыв кран и отключив насос для снятия давления в рабочем цилиндре, разжимают пресс форму, переключив насос смыкания, снимают формующую плиту и деталь; затем отрезают литник, соблюдая биение поверхности D 25,2 мм относительно поверхности конуса не более 0,15 мм.

Толкатели. На токарном автомате врезным точением из прутка (сталь 45) обрабатывают заготовку толкателя, снимают фаску и центруют (табл. II.5).

Таблица II.5

Технологическая карта изготовления толкателя гидрооборудования крепей
(фрагмент)

Эскиз	Операция и узел
-	Токарная, точение по контуру с использованием копира
-	Копир к гидрокопировальному станку
	Шлифование поверхности D 10 мм
	Шлифование поверхности D 25 мм
	Токарная, точение поверхности D 5B ₇ , фаски 0,4 x 45°, торца 52Ш ₄

Качество обработанной поверхности соответствует 3 - 4-му классам шероховатости, режим резания $v = 20$ м/мин, $S = 0,03 - 0,1$ мм/об. На револьверном станке подрезают торец и снимают фаску по наружному диаметру, на токарном станке обтачивают наружный конус 60° проходным отогнутым резцом. Следующая токарная операция - обтачивание заготовки по контуру с помощью копира. После этого на токарном станке зачищают торец проходным упорным торцом между D 15B₇ и D 25,3C₄. На круглошлифовальном станке шлифуют поверхности D 10 мм, выдерживая радиальное биение относительно оси в пределах 0,016 мм. Обработка ведется кругом ПН 400 x 40 x 127, ЭС25СТ2К. Поверхность D 25 мм шлифуют кругом ПП 400 x 40 x 127, ЭС25СТ1К; радиальное биение поверхности B относительно поверхности Г - не более 0,016 мм.

Затем на токарном станке проходным резцом Т15К6 при $v = 30$ и 18,7 м/мин, $S = 0,3$ и 0,1 мм/об обтачивают поверхность D 5B₇ подрезают торец 52Ш₇ и снимают фаску 0,4 x 45°. Заготовку зажимают в специальной оправе для подрезки торца (рис. II.30). После обработки неперпендикулярность торца

относительно поверхности *B* должна быть не более 0,06 мм. На токарном станке при креплении детали в специальной оправке вытачивают канавку канавочным резцом ($v = 24,3$ м/мин, $S = 0,4$ мм/об). Радиальное биение детали относительно оси допускается не более 0,04 мм. Притупив острые кромки, зашлифовывают лыску шлифным напильником, после чего хвостовик закаливают до *HRC* 40 - 55 и промывают в струйной моечной машине в течение 2 - 3 мин. На токарном станке хвостовик D 10X, D 5B₇ переходную фаску 45° и торец зачищают шкуркой. После промывки деталь поступает на сборку.

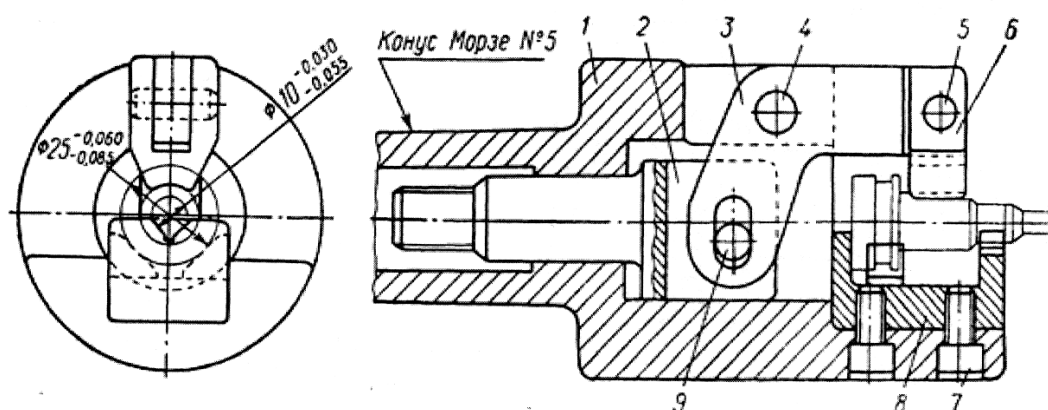


Рис. II.30. Оправка для подрезки торца в толкателе: 1 - оправка; 2 - палец; 3 - рычаг; 4, 5, 9 - штифты; 6 - пружина; 7 - винт; 8 - призма.

Корпуса. В табл. II.6 показана заготовка из стали 45 после заготовительной и токарно-автоматной обработок, обеспечивающих биение отверстия D 29,1A₄ мм относительно отверстия D 9,3A₅ и 9A₇ не более 0,1 мм, а биение, поверхности D 38,3 мм относительно отверстия D 29,1 мм не более 0,25 мм. Торцовое биение поверхности *A* относительно оси отверстия D 9,3A₅ допускается не более 0,1 мм. Режимы резания: при сверлении $v = 6; 17,3$ и 25 м/мин, $S = 0,07$ и 0,11 мм/об; при точении $v = 25$ м/мин, $S = 0,02$ и 0,07 мм/об. Зенкерование отверстия D 9,0 мм производят зенкером с кольцевой заточкой D 9,75A₄, обработку отверстия - разверткой с кольцевой заточкой D 9,98A₃.

Режимы резания: зенкером P18 - $v = 2,42$ м/мин, $S = 0,3$ мм/об; разверткой P18 - $v = 2,5$ м/мин, $S = 0,3$ мм/об. Шероховатость обработанной поверхности достигается 7-го класса; допускаемое биение обработанного отверстия относительно отверстия D 29,1 мм не более 0,2 мм.

Затем производят обработку дна, выдерживая размер 18A₄ и соблюдая торцовое биение поверхности *A* относительно оси отверстия не более 0,1 мм. После этого подрезают торец зенкером D 26 мм с цеховой доработкой. Размер 34Л4 проверяют индикаторным глубиномером; биение торца и контроль неплоскостности - специальными калибрами. Допускаемые неплоскостность поверхности *A* не более 0,025 мм на D 20 мм, биение торца *A* относительно поверхности *B* не более 0,05 мм.

Промыв заготовку в керосине, устанавливают дорн из твердого сплава D 10,04 мм в отверстие корпуса, корпус с дорном ставят на подставку и на гидравлическом прессе дорнируют отверстие D 10 мм, используя в качестве смазки сульфозеол. Затем повторяют дорнирование дорном D 10,06 мм из твердого

Технологическая карта обработки корпуса гидроаппаратуры для шахтных крепей (фрагмент)

72

сплава, снимают деталь, протирают отверстие технической лентой и визуально, с помощью лупы с четырехкратным увеличением проверяют чистоту обработанной поверхности, шероховатость которой должна соответствовать 8-му классу; на расстоянии 18 мм от торца *Б* допускается 6-й класс шероховатости; отверстие проверяют калибром-пробкой D 10Аз.

Затем нарезают метчиком М30 х 1 резьбу на втором конце корпуса, промывают заготовку в струйной моечной машине и передают на бесцентровый шлифовальный станок для обработки корпуса по наружному D 38Хз до шероховатости 6-го класса. Шлифование производят кругом ПП 600 х 200 х 305, Э25СТ2К. Деталь опять промывают в струйной моечной машине.

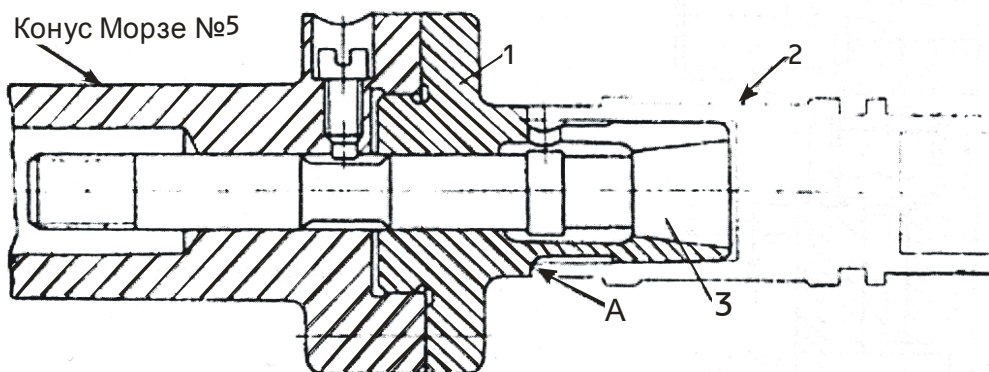


Рис. П.31. Специальная оправка для точения корпуса крепи: 1 - гильза; 2 - деталь; 3 - стержень.

На токарно-револьверном станке протачивают поверху обниженные концы корпуса и канавку. С помощью оправки (рис. П.31) устанавливают заготовку и протачивают ее по наружному диаметру до D 36С4 проходным резцом из твердого сплава при $v = 87$ м/мин и $S = 0,3$ мм/об за один проход. В специальном кондукторе (рис. П.32) высверливают четыре радиальных отверстия D 4 мм при $v = 18,9$ м/мин и $S = 0,04$ мм/об. После сверления глухого отверстия для сборки глубиной 1,5 мм и D 10 мм изношенной разверткой снимают внутренние заусенцы, оставшиеся после сверления четырех отверстий D 4 мм, и

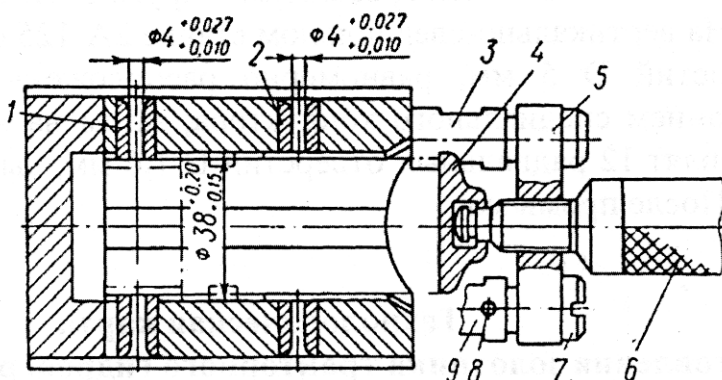


Рис. П.32. Кондуктор для сверления четырех отверстий $\varnothing 4$ мм: 1, 2 - кондукторные втулки; 3 - колонка; 4 - прижимной наконечник; 5 - откидная запорная планка; 6 - ручка; 7 - винт; 8 - штифт; 9 - стойка.

наружные - сверлом D 8 мм. Деталь маркируют и промывают в струйной моечной машине. В электрохимической установке в специальном приспособлении при силе тока 100 А с выдержкой 30с снимают острые кромки. После промывки в проточной воде с помощью ерша и нейтрализации в 1,5%-ном растворе триэталомина в течение 10 мин, не позднее, чем через 4 ч, детали моют и пассивируют, затем их передают на склад.

II.4. ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО, СТРОИТЕЛЬНОГО, ДОРОЖНОГО И ХИМИЧЕСКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Гидросистемы в сельскохозяйственных, строительных и дорожных машинах предназначены для привода механизмов навески и выносных гидроцилиндров. Они используются и в качестве механизма для перевода в транспортное или рабочее положение машин и их рабочих органов, таких как регуляторы глубины пахоты, гидроусилители рулевых механизмов, тракторов; комбайнов, для привода активных рабочих органов, бесступенчатого регулирования режимов работы. В химическом машиностроении они используются для транспортирования жидкостей и т. д.

Основные направления гидрофикации рабочих органов машин - это совершенствование конструкций гидроприводов с дистанционным управлением рабочими органами, с активными рабочими органами, а также обеспечение защиты машин от перегрузок. Для этого необходима значительная номенклатура гидроагрегатов: гидронасосов, гидромоторов, гидродвигателей, контрольно-регулирующей аппаратуры.

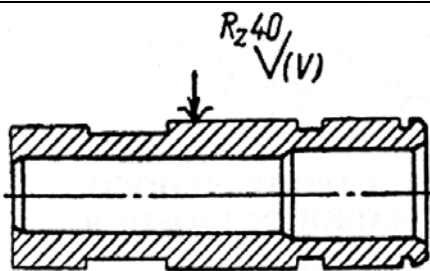
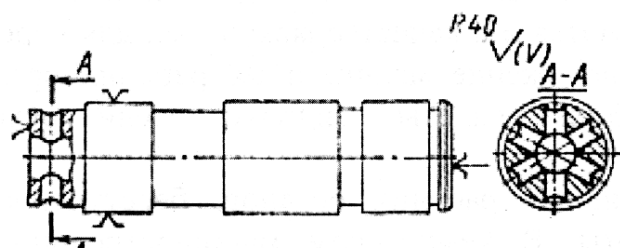
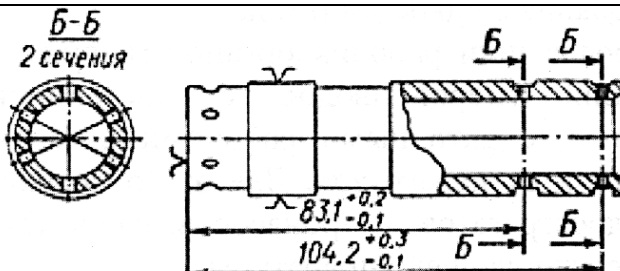
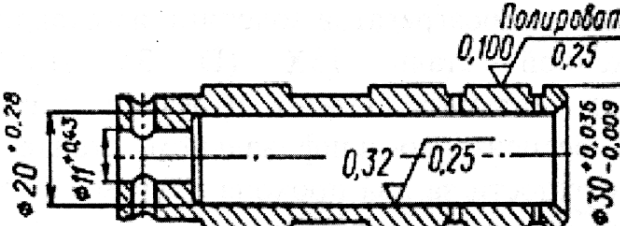
Золотники. Для тракторных гидроагрегатов золотник изготавливают из холоднокатаной, отожженной стали 15Х (D 31 мм). На четырехшпиндельном токарном автомате 1240-0 отрезают заготовки длиной 111,5 мм, затем на бесцентрово-шлифовальном станке 3180 шлифуют их по наружной поверхности за два прохода кругом ПП 500 х 150 х 305, Э40-50СМ2-С1К. Заготовку цементируют на глубину 1,1 - 1,4 мм до получения *HRC* 10 - 25. На токарно-револьверном станке подрезают торец, точат канавку по наружной поверхности, центруют и сверлят осевое отверстие; переустановив деталь, подрезают другой торец, протачивают две канавки, снимают фаску, сверлят центровое и осевое отверстия (табл. II.7). На бесцентрово-шлифовальном станке снимают заусенцы на наружной поверхности заготовки шлифовальным кругом ПВД 300 х 150 х 127, Э16СТВ. На вертикально-сверлильном станке 2А-125 сверлят шесть радиальных отверстий D 5 мм, равномерно расположенных по окружности, с использованием специального кондуктора; затем на настольно-сверлильном станке сверлят 12 радиальных отверстий D 1,6 мм, выдержав размеры 83,1 и 104,2 мм. После промывки в содовом растворе и продувки заготовку подвергают термической обработке до получения *HRC* 56 - 63. Очистив заготовку от окалины, проверяют биение наружной поверхности относительно внутренней поверхности выточки, которое допускается до 0,05 мм.

На круглошлифовальном станке 3А151 заготовку шлифуют в центрах по наружной поверхности кругом ПВД 600 х 63 х 305, 24АСТІК, правку заготовки производят кругом ПП 150 х 32 х 65, К480ВТ. В моечной машине заготовку промывают содовым раствором и продувают в специальной камере. На токарно-револьверном станке 1136М подрезают торец, развертывают отверстие D 11 мм на проход, зенкеруют отверстие D 19 мм, затем развертывают D 20 мм. Установив заготовку в призме на настольно-сверлильном станке НС12А, калибруют шесть радиальных отверстий сверлом D5 мм, а на настольно-

сверлильном станке 2Н-106 калибруют 12 радиальных отверстий сверлом D 1,6 мм. На верстаке вручную притупляют острые кромки (кроме поверхности D 30 мм). В моечной машине заготовку промывают содовым раствором и в камере продувают сжатым воздухом.

Таблица II.7

Технологическая карта изготовления золотника тракторного гидроагрегата
(фрагмент)

Эскиз	Операция и узел
	Токарная
	Сверлильная
	Сверлильная
	Шлифовальная, полировальная

На бесцентрово-шлифовальном станке 3М184 шлифуют по наружной поверхности за семь проходов до D 30 (+0,036 -0,009) рабочим кругом ПП 500 x 150 x 305, 24А25СТ1К; ведущий круг ПВД 300 x 150 x 127, Э16СТВ.

В моечной машине заготовку промывают в содовом растворе. Затем на бесцентрово-шлифовальном станке с охлаждением зоны резания содовым раствором полируют заготовку по поверхности D 30 мм до шероховатости 10-го класса кругом ПП 350 x 180 x 162, ПП 350 x 200 x 162, ЗСТ1Б.

После ОТК детали комплектуют по 15 группам (через 0,003 мм). Биение торца с отверстием D 20 мм относительно D 30 мм допускается не более 0,04 мм, овальность и конусообразность поверхности D 30 мм - не более 0,003 мм.

Далее детали поступают на сборку.

Золотники управляемых колес комбайна. Золотник из стали 40Х в сборе показан на рис. П.33. Характеристика его следующая: максимальное рабочее давление 50 кгс/см^2 ; максимальный расход масла 17 л/мин ; ширина проходных щелей при нейтральном положении $0,5 \text{ мм}$; рабочая жидкость - масло ДСН (ГОСТ 8581-63).

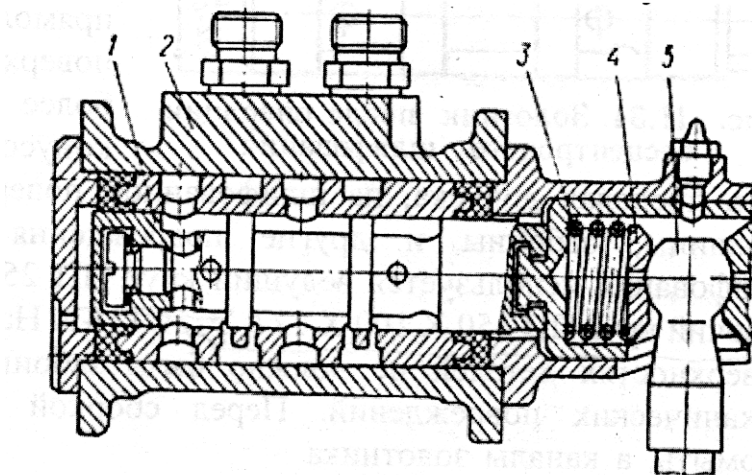


Рис. П.33. Золотник управляемых колес: 1 - золотник; 2 - корпус с втулкой; 3 - пружина; 4 - сухарь; 5 - шаровая головка.

Для изготовления золотника сталь $\text{D } 35 \text{ мм}$ разрезают в заготовительном цехе на заготовки длиной $144,1 \text{ мм}$. После механической обработки заготовка поступает на бесцентрово-шлифовальный станок, на котором ее шлифуют до получения $\text{D } 32 (-0,010 -0,021) \text{ мм}$ и шероховатости 8-го класса (рис. П.34).

Отклонение от прямолинейности по поверхности $\text{D } 32 \text{ мм}$ должно быть не более $0,03 \text{ мм}$, конусообразность и овальность - в пределах допуска, на шлифованной поверхности заметные риски, царапины, забоины и другие повреждения не допускаются. Для шлифования используется ведущий круг ПП 250 x 100 x 127, Э16С1В, рабочий круг ПП 350 x 100 x 127 24А25СТ1К. На трущихся и сопрягаемых поверхностях деталей не должно быть забоин, заусенцев или других механических повреждений.

Перед сборкой все детали необходимо промыть, а каналы золотника продуть сжатым воздухом. Трущиеся и сопрягаемые поверхности смазывают маслом ДС-11.

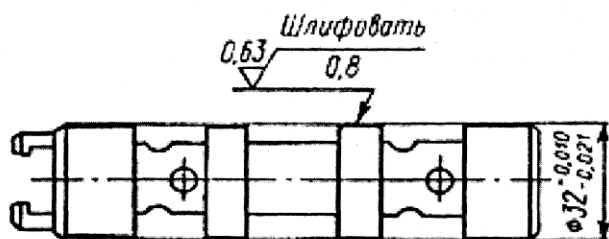


Рис. П.34. Золотник после операции бесцентрового шлифования.

После сборки золотник должен без заеданий перемещаться в обе стороны до упора от руки. Золотник управляемых колес испытывают на герметичность маслом ДСН при давлении 50 кгс/см^2 и температуре 70° С . Масло подают одновременно в нагнетательный и сливной штуцера, остальные штуцера закрыты. Продолжительность испытания 5 мин . Утечка масла и запотевание корпуса золотника не допускаются. Каждый золотник испытывают на четкость распределения потока и потерю давления.

Втулки распределительные. На рис. П.35 показана втулка из стали 4Х (НВ 207). После предварительной механической обработки на внутришлифовальном станке втулку шлифуют с частотой вращения 300 об/мин при подаче $0,005 \text{ мм/дв. ход}$. Обработку производят кругом ПП 35 x 50 x 10, 24АСМ1-С1К

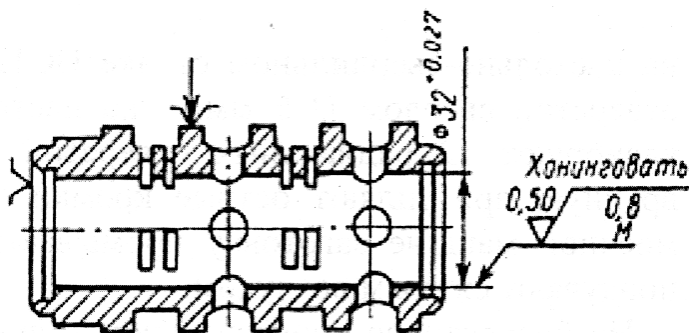


Рис. II.35. Втулка распределительная.

с охлаждением содовой эмульсией. Шлифование выполняют до получения $B\ 31,92^{+0,03}$ мм и шероховатости поверхности 7-го класса.

Следующей операцией обработки прецизионного отверстия является его хонингование до получения $D\ 32^{+0,027}$ мм брусками ЭЗ-4СТ1-СТ2К с использованием в качестве СОЖ керосина; окончательная

шероховатость обработанной поверхности - 8-го класса. Овальность и конусообразность поверхности центрального отверстия возможна в пределах половины допуска на диаметр, заметные на глаз риски, царапины, забоины и другие механические повреждения не допускаются.

Гидроцилиндры высокого давления. Обеспечение высокого рабочего давления в гидросистемах, снижение массы и габаритов узлов гидропривода возможно только при высоком качестве уплотнений, способных выдерживать давление до 250 кгс/см^2 . На рис. II.36 показан гидроцилиндр, который состоит из трубы с приваренной крышкой; поршня, штока, передвигающегося во втулке, с противоположного конца имеется вторая крышка (на рисунке не показана). Контактующие поверхности трубы, поршня, штока и втулки изготавливаются по классу 2 - 2а точности с шероховатостью рабочих поверхностей 10-го класса. Трубу и шток выполняют из стали 30ХГСА, после термообработки они имеют пределы прочности 110 кгс/см^2 и текучести 80 кгс/см^2 .

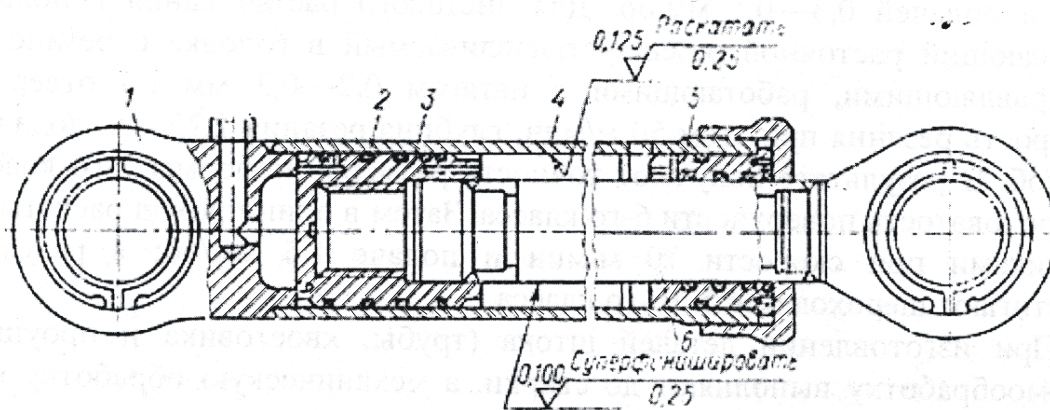


Рис. II.36. Гидроцилиндр: 1 - крышка; 2 - кольца; 3 - бронзовый поршень; 4 - труба; 5 - бронзовая направляющая втулка; 6 - сварной шток.

В настоящей конструкции в качестве уплотнений использованы резиновые кольца, обеспечивающие герметичность соединения. Чтобы продлить срок службы уплотнительных колец, необходимо создать такие условия эксплуатации, при которых не будут возникать микродефекты в зоне контактирования поверхностей при увеличении сил трения, и повышении давления.

Чистота поверхностей трубы и поршня, штока и втулки, закругление

кромки канавок, их concentричности для уплотнительных колец, соблюдение жестких допусков на изготовление деталей по их размерам и форме - все это необходимые технологические условия при изготовлении деталей.

К особенностям технологии изготовления высокоточных гидроцилиндров относятся следующие. Заготовки для цилиндров изготавливают из горячекатаных стальных труб, после предварительной токарной обработки их подвергают закалке до получения *HB* 255 - 285, причем заготовки нагревают в подвешенном состоянии во избежание деформаций. После этого заготовки подвергают черновому, получистовому и чистовому растачиванию резцами из твердого сплава Т15К6, расточной головкой с направляющими из твердых сплавов с диаметральной зазором 0,2 - 0,3 мм. Черновое и получистовое точение производят со скоростью резания 60 м/мин; глубиной резания 1,25 - 1,5 мм и подачей 0,3 - 0,5 мм/об. Для чистового растачивания используют плавающий расточной резец, устанавливаемый в головке с резиновыми направляющими, работающими с натягом 0,2 - 0,3 мм по отверстию, скорость резания при этом 50 м/мин, глубина резания 1,25 мм, подача 0,5 мм/об. В результате получают точность размеров и формы 2-го класса и шероховатость поверхности 6-го класса. Затем в один проход раскатывают роликами при скорости 70 м/мин и подаче 1,5 мм/об; в результате достигают шероховатость 10-го класса.

При изготовлении деталей штока (трубы, хвостовика и проушины) термообработку выполняют до сварки, а механическую обработку после сварки. Для получения высокого качества поверхности детали производят шлифование и суперфиниширование. После предварительного шлифования получают точность размеров и формы штока 3-го класса и шероховатость 6-го класса. Чистовым шлифованием достигают точность 2-го и 8-го классов. После суперфиниширования получают шероховатость 10-го класса. Суперфиниширование выполняют на токарном станке, на суппорте которого установлена головка (шлифовальный шпиндель); чашечный шлифовальный круг с алмазной крошкой на подпружиненной оправке имеет радиальную подачу 1 мм/об при скорости шлифования 30 м/с; поперечная подача отсутствует; микроприпуск снимается в результате воздействия пружины. Закончив операцию суперфиниширования, шток хромируют и полируют пастой ГОИ на токарном станке.

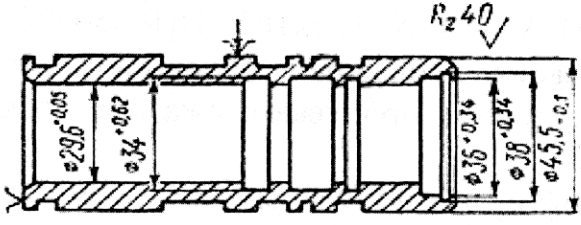
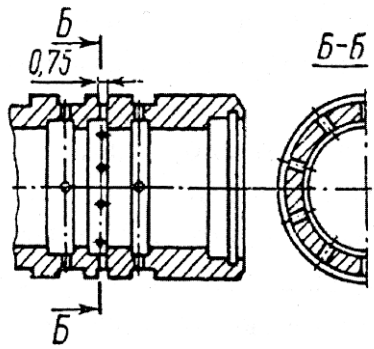
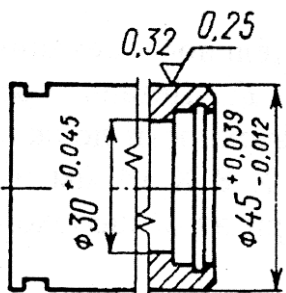
Гильзы регуляторов. Прутки отожженной стали 15Х (*HB* 179) отрезают на токарном станке. Затем гильзу устанавливают в пневмопатроне, подрезают торцы до длины 115_{-0,5} мм, зацентрируют, в них высверливают осевые отверстия D 26 мм до половины длины заготовки, деталь поворачивают, переустанавливают, зацентрируют с другого конца, сверлят сквозное осевое отверстие D 26 мм на проход. Отверстие обрабатывают до D 29^{+0,34} мм, развертывают до D 29,6^{+0,05} мм; заготовку протачивают по наружной поверхности до D 45,5_{-0,1} мм резцом Т5К10 при $v = 150$ м/мин, $S = 0,3$ мм/об.

Цементирование производят с глубиной слоя 1,1 - 1,4 мм до *HRC* 10 - 25. После очистки от окалины на токарно-винторезном станке 1К62 протачивают канавки D 41_{-0,62} мм при $v = 14,2$ м/мин, $S = 0,05$ мм/об и подрезают торец, переустанавливают заготовку в пневмопатроне токарно-револьверного станка, подрезают торец с другого конца, снимают фаску, растачивают выточку D

36^{+0,34} мм, протачивают канавки D 38^{+0,34} мм и, повернув деталь, снимают фаску (табл. II.8). Затем сверлят восемь радиальных сквозных отверстий D 2 мм при $v = 13,2$ м/мин, $S = 0,03$ мм/об; 10 отверстий D 1,3 мм при $v = 18,3$ м/мин, $S = 0,013$ мм/об. Удалив заусенцы специальным ершом на токарно-револьверном станке, промывают деталь в содовом растворе. Поверхности D 45,5 мм и D 29,6 мм закаливают до получения HRC 56 - 63 и очищают поверхность от окалины. Установив деталь в призме на настольно-сверлильном станке, калибруют восемь радиальных отверстий сверлом D 2,1 мм и 10 отверстий D 1,3 мм. Установив деталь в патроне внутришлифовального станка 3А227П, шлифуют отверстие D 29,6 мм до D 29,94^{+0,027} мм, используя в качестве СОЖ содовый раствор, шлифовальным кругом ПВ 25 х 32 х 6, Э25С1К при $v = 28$ м/с и $S = 0,02$ мм/об, после чего зачищают торец шлифовальным бруском БП 20 х 10 х 150, ЭБ10СТ1К. Деталь промывают в содовом растворе в моечной машине. При предварительной притирке отверстия D 30 мм снимают припуск 0,015 мм. Затем при том же режиме резания притирают отверстие окончательно до D 30^{+0,045} мм, снимая припуск 0,006 мм с разбивкой на 15 групп по наименьшему диаметру, через 0,003 мм; шероховатость получают 9-го класса. Промыв деталь в содовом растворе, ее протирают салфеткой.

Таблица II.8

Технологическая карта обработки гильзы регулятора тракторного гидроагрегата (фрагмент)

Эскиз	Операция и узел
	Токарно-автоматная
	Сверлильная (торцовка дна) А
	Зенкерование торца А

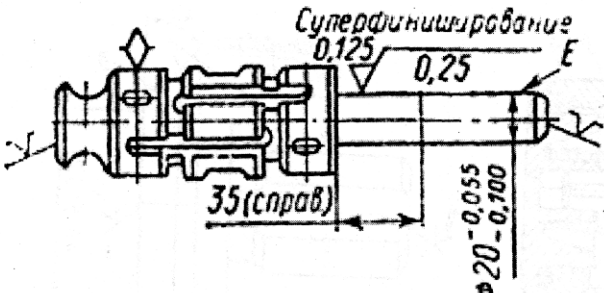
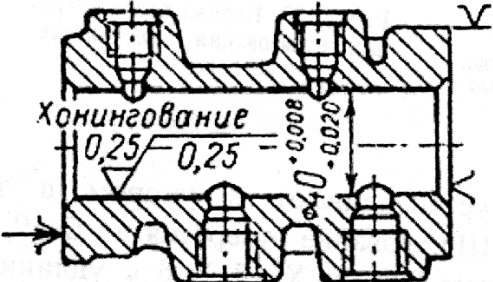
На бесцентрово-шлифовальном станке 3М184 деталь шлифуют по наружной поверхности $D\ 45\text{ мм}$ за пять проходов, снимают припуск $0,175\text{ мм}$, оставляют припуск на полирование $0,003 - 0,005\text{ мм}$ при частоте вращения 40 об/мин и подаче 800 мм/мин , обработанная поверхность имеет шероховатость 8-го класса. Шлифование производят кругом ПП $500 \times 150 \times 305$, Э25СТВ; ведущий круг ПВД $300 \times 150 \times 127$, Э16СТВ. Овальность и конусообразность обработанной поверхности допускается $0,003\text{ мм}$. Затем полируют наружную поверхность детали до $D\ 45 (+0,039 - 0,012)\text{ мм}$ с разбивкой на 17 групп по наибольшей замеренной величине $44,989 - 45,040\text{ мм}$, до получения шероховатости 9-го класса. Обработку ведут на бесцентрово-полировальном станке фирмы «Цинцинатти» при $n = 50\text{ об/мин}$, $S = 1000\text{ мм/мин}$; снимаемый припуск $0,003\text{ мм}$; полировальные круги ПП $350 \times 180 \times 162$, ПП $350 \times 200 \times 162$, КЗМ28СМ2Б; ведущие круги ПП $350 \times 180 \times 162$, ПП $350 \times 200 \times 162$, КЗЗСТ1Б; охлаждение зоны резания производят содовым раствором. Деталь промывают содовым раствором, продувают сжатым воздухом, протирают салфеткой.

При подаче на сборку детали сортируют по $D\ 30\text{ мм}$ на 15 групп и по $D\ 45\text{ мм}$ на 17 групп. В процессе комплектации детали выбирают по максимальному ($D\ 45\text{ мм}$) и минимальному ($D\ 30\text{ мм}$) диаметрам.

Кран управления. Этот важный узел гидроаппаратуры изготавливается с пропускной способностью до 60 л/мин , давлением до 50 кгс/см^2 . Кран с двусторонним цилиндром; рабочая жидкость - масло ДП-11. Кран управления необходимо испытывать на герметичность. В состав узла входит прецизионная пара кран - корпус, окончательно обрабатываемая суперфинишированием. Технологический процесс суперфиниширования в последние годы применяется все чаще при обработке точных деталей и поэтому представляет значительный интерес.

Таблица II.9

Технологическая карта изготовления крана управления тракторного гидроагрегата (фрагмент)

Эскиз	Операция и узел
	Суперфиниширование
	Хонингование

В табл. II.9 показан кран после предварительной механической обработки и суперфиниширования поверхности *E*. Деталь крепят в центрах станка ВС-22 (биение обрабатываемой поверхности должно быть не более 0,015 мм) и обрабатывают брусками 51 x 8 x 14 мм из АСМ 20/14 (М5 - 100%), АБС 105 x 8 x 14 x 2. При этом шероховатость обработанной поверхности *E* D 20 (-0,050 -0,100) мм получают 10-го класса. На поверхности *E* не должно быть заметных рисок, царапин, черноты и других механических повреждений.

Корпус крана управления имеет точное отверстие D 40 (+0,008 +0,020) мм, окончательно обрабатываемое хонингованием на станке 6Ф38А. Деталь устанавливают до упора в торец, крепят по поверхности верхнего торца и удерживают пневматическим приспособлением. Хонинговальная головка оснащена брусками из АСМ20 (М1 - 100%). Общее время обработки одного отверстия составляет 0,32 мин. Качество обработанного отверстия в результате хонингования повышается до 9-го класса шероховатости. На поверхности отверстия не допускаются заметные для глаза царапины, риски, чернота, забоины. Овальность и конусообразность отверстия должны быть не более 0,006 мм.

Клапаны запорные. Как видно из рис. II.37, этот узел состоит из ряда высокоточных деталей: клапана, гнезда, плунжера, корпуса и др. Узел испытывают на герметичность дизельным маслом под давлением 120 кГс/см² в течении 2 мин при температуре масла 20° С.

После предварительной механической обработки заготовку клапана передают для шлифования уплотнительного конуса на высокоточный круглошлифовальный станок ЗЕ-12. Деталь устанавливают в центрах, крепят по поверхностям I и II (рис. II.38). Конус шлифуют до D 16,5 ± 0,25 мм, под углом 45°, качество обработанной поверхности соответствует 8-му классу шероховатости; биение конусной поверхности В при проверке в центрах допускается не более 0,03 мм.

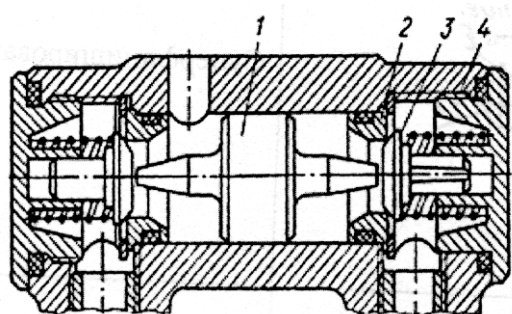


Рис. II.37. Клапан запорный: 1 - плунжер; 2 - уплотнительное кольцо; 3 - клапан; 4 - корпус запорного клапана.

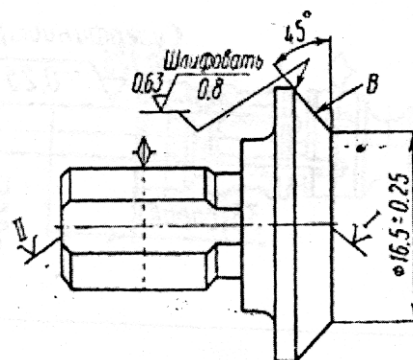
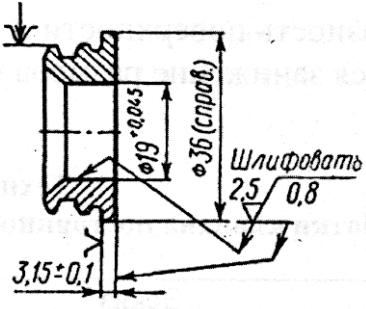
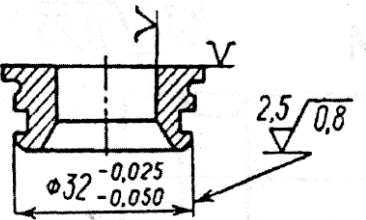
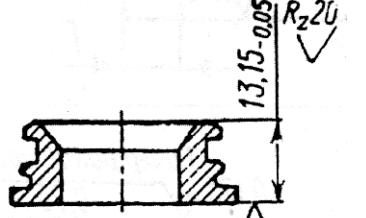


Рис. II.38. Клапан после операции шлифования уплотнительного конуса.

Гнезда клапанов. Пруток D 38 мм из стали ШХ15 разрезают на заготовки длиной 3000 мм, моют, заправляют концы и обрабатывают на токарном автомате 1А240-6. После обычной механической и термической обработки заготовки шлифуют на внутришлифовальном (ЗА227) и шлифовальном (ЗГ71) станках.

Таблица П.10

Технологическая карта изготовления гнезда клапана тракторного гидроагрегата
(фрагмент)

	Шлифование отверстия
	Шлифование по наружной поверхности
	Шлифование торца

На станке 3А227 заготовку устанавливают с упором в торец, центрируют и крепят (табл. П.10). Шлифование отверстия до $D 19^{+0,049}$ мм производят заправленным кругом ПП 20 х 15 х 6 с удлинителем абразивного круга Э25СМ1-СМ2К5 при $v = 11,9$ м/мин, $S = 1600$ мм/дв. ход (СОЖ - эмульсия). При обработке отверстия получают шероховатость поверхности 6-го класса и овальность не более 0,01 мм. Следующим переходом является шлифование торца $D 36$ мм в размер $3,15 \pm 0,1$ мм кругом ЧЦ 100 х 50 х 20, Э25СМ1-СМ2К5. Качество обработанной поверхности соответствует 6-му классу шероховатости. Обработка торца производится при $v = 22,4$ м/мин, $S = 0,8$ мм/мин.

Переустановив деталь на оправку с упором в торец и закрепив ее гайкой с быстросменной шайбой, производят шлифование в центрах на круглошлифовальном станке 3Е-12 по наружному диаметру до получения размера $D 32_{(-0,025 -0,050)}$ мм и шероховатости поверхности 6-го класса. Обработку выполняют кругом ПП 300 х 25 х 127, Э25 СТ1-СТ2 К5 с охлаждением эмульсией. Следующая операция - шлифование торца до получения размера $13,15_{-0,05}$ мм и шероховатости 5-го класса.

Деталь устанавливают и крепят магнитной плитой на шлифовальном станке 3Г-71. Обработку ведут шлифовальным кругом ПП 250 х 30 х 75, Э16 СМ2-С1 К5 при $v = 12$ м/мин, $S = 0,05$ мм/дв. ход. Перевернув деталь, шлифуют ее второй торец до получения размера $13_{-0,05}$ шероховатости 9-го класса таким же кругом, при неизменной скорости, но с $S = 0,03$ мм/дв. ход.

Плунжеры. Заготовки из стали 20Х разрезают длиной $74^{+1,0}$ мм. Предварительно механически и термически обработанные заготовки на бесцентрово-шлифовальном станке 3-180 (с использованием в качестве СОЖ эмульсии) обрабатывают по наружному диаметру до получения $32 (-0,025 -0,050)$ мм и шероховатости 8-го класса. Конусообразность и бочкообразность выдерживают в пределах допуска (рис. II.39). Ведущий шлифовальный круг ГОД 300 х 150 х 127, Э16 С1 В, рабочий круг ПП 500 х 150 х 305, Э25С2-СТ1 К5, обработка ведется при $S = 480$ мм/мин.

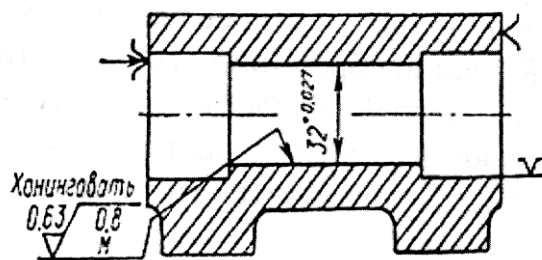


Рис. II.39. Плунжер после операции шлифования.

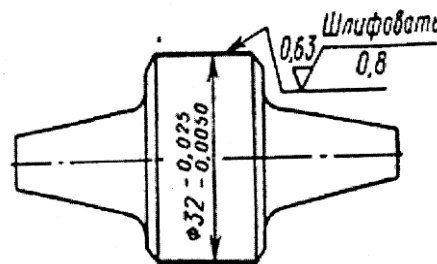


Рис. II.40. Корпус запорного клапана после операции хонингования.

Корпуса запорных клапанов. Заготовку детали (рис. II.40) устанавливают на алмазно-расточном станке ОС-4646 до упора и резцом ВК8, закрепленным в борштанге, растачивают центральное отверстие до получения $D 31,95^{+0,027}$ мм и шероховатости 7-го класса. Овальность и конусообразность соблюдают в пределах допуска, раковины, рыхлости и другие литейные дефекты не допускаются. Далее выполняют промежуточные операции механической и термической обработки, после чего деталь поступает на операцию хонингования отверстия $D 32^{+0,027}$ мм и для получения шероховатости обработанной поверхности 8-го класса. Обработку производят хонинговальной головкой с брусками АСМ 20/14 (М1 - 100%).

Клапаны постоянного потока. Клапаны изготавливают из прутка $D 22$ мм из стали 111Х15, $HV 179 - 207$ или из стали 45Х. Рубку заготовок длиной 750 мм производят на станке КА-2330 в специальных штампах. Затем заготовки моют в моечной машине НО-577. На бесцентрово-шлифовальном станке 3В-182 заготовки устанавливают на поверхность I и шлифуют по наружному диаметру (табл. II.11) до заданного чертежом размера в пределах четырех групп шлифовальными кругами: рабочим ПП 350 х 100 х 127, Э25С2-СТ1К и ведущим ПП 250 х 100 х 127, Э16С18. Шероховатость обработанной поверхности должна быть 9-го класса, овальность, конусообразность и бочкообразность поверхности A - в пределах допуска на группу; на длине L допускается занижение размера поверхности A на 0,02 мм.

После ряда токарных операций, обеспечивающих соблюдение несоосности поверхностей A и B не более 0,2 мм, фрезерной и слесарной зачистки заусенцев, термообработки до $HRC 47 - 56$ производят суперфиниширование поверхности A на станке 3-871. Обработку производят до получения шероховатости 10-го класса брусками из дерева твердой породы, алмазной пастой АСМ 20/14 НВМ.

[illegible]

Корпуса предохранительных клапанов. Корпус (рис. П.41) изготавливают из чугуна марки СЧ 21-40 (НВ 170 - 241). Расточив предварительно и окончательно отверстия D 22 мм на глубину 12 мм на алмазно-расточном станке ОС-4647 с использованием борштанги и приспособления для установки резцов, обрабатывают отверстия D 18,5; 19,5; 19,96 мм. При этом соблюдается перпендикулярность поверхности K к поверхности Γ не более 0,15 мм; овальность и конусообразность поверхности H - в пределах допуска, на этой поверхности раковины, рыхлости, сыпь и прочие литейные дефекты недопустимы.

Затем заготовку передают на хонинговальный станок 38-21, устанавливая по поверхностям I и II до упора в поверхность III и крепят за поверхность IV. Обработку производят хонинговальной головкой, у которой колодки оснащены АСМ 20/14 (М1 - 100%). Овальность, конусообразность и огранка поверхности должны быть в пределах 0,011 мм. Несоосность поверхностей *Д* и *Я*, *М*, *Д* и *П* допускается не более 0,2 мм; смещение осей отверстий от их номинального положения в любую сторону - не более 0,25 мм. По диаметру поверхности *И* детали сортируют на три группы - через 0,011 мм, а в четвертой группе - через 0,012 мм.

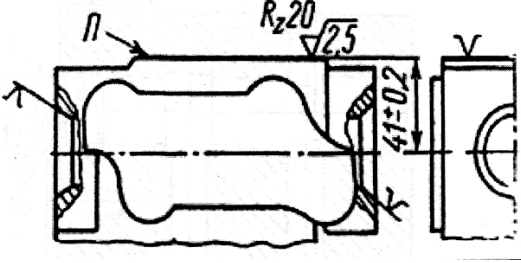
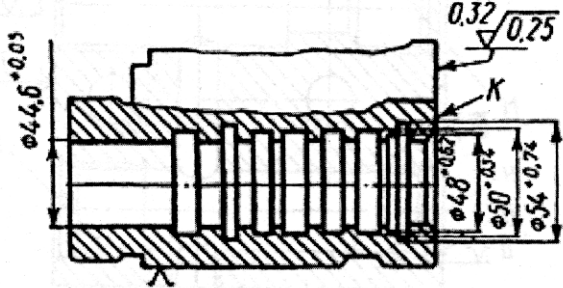
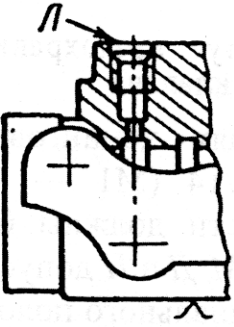
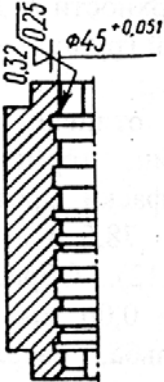
Корпуса регуляторов. Корпуса изготавливают из отливки серого чугуна СЧ 21-40. После заготовительной операции, термической обработки и сверления центрального отверстия зенкуют фаски, фрезеруют поверхность *П* предварительно и окончательно при $v = 78,5$ и $v = 98,9$ м/мин, $S = 0,126$ и $S = 0,063$ мм/зуб (табл. II.12). Обработкой обеспечивается неплоскостность поверхности не более 0,06 мм. Затем сверлят два отверстия, в которых нарезается резьба, сверлят и развертывают по два отверстия $D\ 8,5^{+0,035}$ мм при $v = 12,6$ и $v = 10$ м/мин, $S = 0,14$ и $S = 0,26$ мм/об. Фрезеруют поверхность бобышек предварительно и окончательно при $v = 80,4$ и $v = 100,5$ м/мин, $S = 0,123$ и $S = 0,70$ мм/зуб, фрезеруют поверхности по периметру; зенкеруют центральное сквозное отверстие при $v = 16,4$ м/мин; $S = 0,62$ мм/об, затем его растачивают предварительно резцом ВК8 и окончательно резцом ВК2 за два прохода. Получаемая поверхность имеет шероховатость 6-го класса. При $v = 112$ м/мин, $S = 0,16$ и $S = 0,10$ мм/об подрезают торец и снимают фаску.

Далее растачивают канавки $D\ 50, 54$ и 48 мм канавочными резцами при $v = 60,4$ и $v = 65,3$ м/мин и $S = 0,12$ мм/об, отверстие $D\ 41$ мм развертывают до $D\ 44,6$ мм при $v = 19$ м/мин и $S = 0,7$ мм/об, обеспечивая перпендикулярность торца *К* к оси поверхности $D\ 44,6$ мм не более 0,06 мм; неплоскостность торца *К* - не более 0,06 мм. Затем начисто растачивают канавки при $v = 65,3$ м/мин, $S = 0,12$ мм/об и подрезают торец *К* при $v = 102,9$ м/мин, $S = 0,12$ мм/об. Переустановив заготовку, окончательно обрабатывают плоские поверхности фрезами В1<8 при $v = 125,6$ м/мин, $S = 0,065$ мм/об. Неплоскостность поверхности *К* и других получают в пределах 0,03 - 0,06 мм.

Долбежную обработку внутренних пазов производят до выхода в канавку, по два с каждого конца отверстия, допуская их перпендикулярность к торцу 0,25 мм. После этого в четыре операции сверлят с поворотом заготовки радиальные ступенчатые отверстия с выходом в канавки, вначале зенкуют и нарезают резьбу метчиками в трех отверстиях. Перпендикулярность осей резьбы к плоской поверхности допускается не более 0,15 мм. Отверстия сверлят на радиально-сверлильном станке при $v = 11,8; 13,6$ и $16,5$ м/мин, $S = 0,14; 0,19$ мм/об, рассверливают при $v = 20,2$ м/мин, $S = 0,26$ мм/об, зенкеруют при $v = 10,8; 13,2; 18,4; 20,3$ и $24,7$ м/мин, $S = 0,14; 0,26$ и $0,32$ мм/об; развертывают при $v = 9,5; 10,4; 12,5$ м/мин, $S = 0,32$ мм/об; нарезают резьбу при $v = 6,0; 6,6$ м/мин. Смещение осей отверстий относительно осей выточек допускается не более 0,3 мм. Далее заготовка поступает на контроль в ОТК.

Таблица II.12

Технологическая карта обработки корпуса регулятора тракторного гидроагрегата (фрагмент)

Эскиз	Операция
	Сверление и фрезерование
	Растачивание канавок
	Сверление, зенкование, нарезание резьбы
	Окончательная доводка центрального отверстия

Заготовку запрессовывают в корпус седла клапана и на вертикально-сверлильном станке развертывают центральное отверстие на проход до получения $D 44,98^{+0,015}$ мм при $v = 12,6$ м/мин, $S = 0,9$ мм/об разверткой ВКб. При этом заметные на глаз риски, царапины, черноты и раковины на обработанной по-

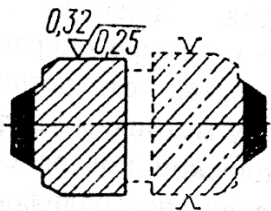
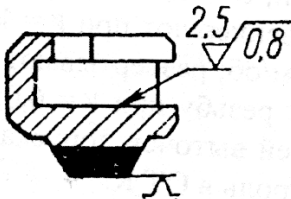
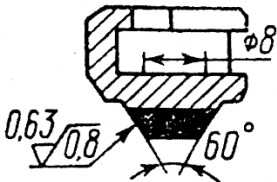
верхности не допускаются, а овальность и конусообразность должна быть не более 0,008 мм. На вертикально-сверлильном станке 2А-150 выполняют предварительную и окончательную доводки отверстия D 45 мм притиром в плавающем патроне. В процессе предварительной доводки снимают припуск 0,02 мм при $v = 35,3$ м/мин, $S = 2,64$ мм/об; во время окончательной доводки снимают припуск 0,01 мм при тех же v и S . Овальность и конусообразность не должны превышать 0,003 мм.

Детали сортируют на 17 групп с разностью диаметров отверстий 0,003 мм (от D 45,000 до D 45,051 мм). После нарезания резьбы в отверстиях для крепежа и калибрования детали промывают в керосине, продувают сжатым воздухом, протирают салфеткой и маркируют.

Золотники. Прутки из сталей 20, Х18Н9Т или Х17Н13М3Т с твердостью соответственно $HB < 156$ и $HB 170 - 190$, сечением 24 x 34, разрезают на заготовки длиной 34_{-0,62} мм на станке, МП-65 кругом размерами 300 x 2 x 32, Э36-45СТ1-3ТЗБ при $v = 45$ м/с и $S = 0,1$ мм/об (ручная подача). Затем их подвергают термообработке и наплавляют сплавом ЦН-12 с двух сторон по 74^{+0,5} мм. После стабилизирующего отжига и отпуска проверяют твердость наплавленного кольца. Допускаемая твердость $HRC \geq 38$ для деталей из стали Х18Н9Т и Х17Н13М3Т и $HRC 30 - 40$ - для деталей из стали 20.

Таблица II.13

Технологическая карта изготовления золотника для арматуры химического машиностроения (фрагмент)

Эскиз	Операция
	Токарная
	Фрезерная
	Шлифовальная

На токарном станке 1К62 подрезают торец (табл. II.13). На наплавленном слое разрешаются отдельные раковины диаметром не более 1 мм, находящиеся на расстоянии не менее 2,5 мм от линии уплотнения. Раковины не

должны быть расположены симметрично, расстояние между ними - не менее 20 мм. Точение производят при $v = 52$ м/мин, $S = 0,11_{-0,55}$ мм/об; разрезание детали по канавке - при $v = 39$ м/мин, $S = 0,11$ мм/об. После разрезания подрезают торец и передают заготовку на фрезерование паза фрезой D 10 мм при $v = 12$ м/мин, $S = 205$ мм/мин. На вертикально-фрезерном станке 6Н11 фрезеруют Т-образный паз фрезой D 16 мм при тех же режимах резания. Затем зачищают заусенцы, запиливают лыску, на круглошлифовальном станке 312М шлифуют конус 60° кругом ПП 300 x 40 x 127, Э16 25С1-СМ 2 К при $v = 30$ м/с, $S = 0,01$ мм/об.

II.5. СБОРКА СИЛОВОЙ ГИДРОАППАРАТУРЫ

При проектировании технологического процесса сборки гидропривода выбирают организационные формы (стационарная или подвижная), метод сборки, объем взаимозаменяемости деталей, эффективный метод соединения, последовательность операций, разрабатывают оснастку, производят технико-экономический анализ вариантов сборки.

Необходимые данные для разработки технической документации: сборочные чертежи, спецификация деталей, технические условия на изготовление изделий и программа их выпуска. В результате получают следующие основные документы: технологические схемы сборки, операционные карты сборки, инструкции, чертежи сборочной оснастки (приспособления и инструмент).

Характер сборки обусловлен объемом производства. Так, в поточно-массовом производстве процесс сборки состоит из сборки отдельных узлов; в серийном производстве сборку выполняют из меньшего количества узлов; в индивидуальном производстве разделение процесса на сборку узлов не делается.

При поточно-массовом производстве, когда собирают изделия небольшого размера, организуют подвижную сборку, т. е. изделие передается от одного рабочего к другому и каждым сборщиком выполняется только одна операция. При стационарной сборке все операции осуществляются на одном сборочном месте, куда подаются все детали и собранные узлы.

Перед отправкой на сборку детали должны быть тщательно промыты, продуты сжатым воздухом, особо точные детали проходят ультразвуковую очистку. На сборочном участке не должно быть пыли и грязи, механическая обработка деталей производится в изолированном помещении, где запрещается хранение верхней одежды, курение, прием пищи. Узлы, прошедшие обкатку и предназначенные для окончательной сборки, хранятся на отдельных местах.

Гидравлический привод металлорежущего станка, как правило, включает в себя следующие элементы: поршневой насос, обратный клапан, шестеренный насос, золотники, поворотный кран, цилиндры, предохранительный клапан и др. Эти узлы привода собирают и испытывают отдельно друг от друга. Предварительная черновая сборка заканчивается обкаткой изделий на специальных стендах.

В процессе общей сборки гидропривода необходимо обеспечить устранение остаточных деформаций в узлах (это требование не распространяется на крепежные изделия, шайбы, прокладки). Не допускаются перекосы между плоскостями - торцами тройников маслопроводов.

Общая сборка гидропривода состоит из подготовки и промывки деталей, контроля комплектности, общей сборки и пригонки трубопроводов по месту промывки гидропривода (бензином), испытания на герметичность, промывки плоскостей маслом (замкнутые плоскости промывают под давлением), обкатки на стендах для приработки сопряженных поверхностей.

Во время испытаний регистрируют следующие показатели работы изделия: объемный к. п. д., мощность, крутящий момент на выходе, частоту вращения вала, чувствительность, гидравлическую жесткость и т. д.

Оценку качества гидравлического оборудования производят по специальным методикам. Обычно испытываемый насос приводится во вращение электрической балансирной машиной постоянного тока пружины и предохранительного клапана создают нагрузку на насос. Тепловой режим устанавливают изменением расхода охлаждающей воды через теплообменник. Кавитационную характеристику определяют в зависимости от угловой скорости, вязкости рабочей жидкости, разрежения во всасывающей магистрали при постоянном давлении. Далее находят производительность насоса, рабочий объем насоса; объемный, гидромеханический и общий к. п. д.

Распределители испытывают с целью определения герметичности между стыками секций, между золотником и отверстиями в корпусе и обратном клапане; гидравлической характеристики в рабочем и нейтральном положениях золотников; статической и динамической характеристик клапанов; усилия для передвижения золотника.

Следует отметить, что способы обработки результатов испытаний гидравлического оборудования весьма трудоемки, результаты же этих испытаний не всегда могут быть достоверными, поэтому необходимо совершенствовать стендовое оборудование и измерительные приборы, повышать их точность и снижать погрешности показаний.

ГЛАВА III

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПНЕВМОАППАРАТУРЫ

III.1. ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ ПНЕВМОАППАРАТУРЫ

Всасывающие и нагнетательные клапаны компрессоров. Клапаны обеспечивают распределение газов в рабочем процессе цилиндра, герметичность запорных элементов; малые сопротивления в период всасывания, нагнетания; надежность в процессе эксплуатации системы.

Поршневые компрессоры снабжены самодействующими или принуди-

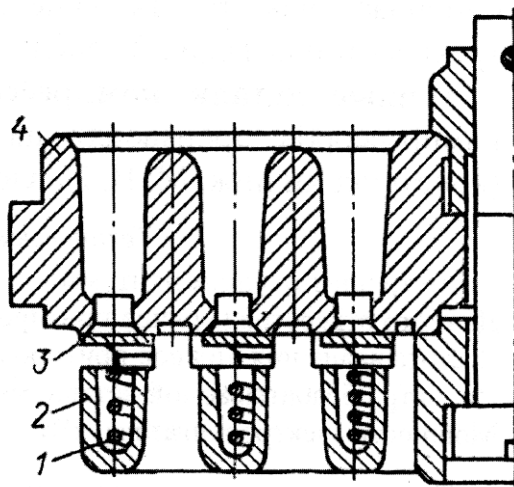


Рис. III.1. Кольцевой пластинчатый самодействующий клапан: 1 - пружина; 2 - ограничитель подъема; 3 - кольцевая пластина; 4 - седло.

тельно-действующими клапанами. Самодействующие клапаны бывают тарельчатые и пластинчатые. Пластинчатые клапаны подразделяются на дисковые, кольцевые, ленточные, самопружинящие, ленточные с пластиной типа швеллера.

Наиболее широкое распространение получили самодействующие кольцевые пластинчатые клапаны (рис. III.1). Кольцевые пластины воспринимают динамическую вибрационную нагрузку с частотой 125 - 1500 циклов в минуту при температуре до 180° С, поэтому их изготовление должно быть особенно тщательным.

Требования, предъявляемые к деталям кольцевых пластинчатых клапанов: полное прилегание клапанной пластины к седлу клапана после шлифования; вогнутость и выпуклость поверхностей клапанной пластины недопустимы; уплотнительные поверхности седел клапанов должны иметь шероховатость не ниже 9-го класса после шлифования; забоины, риски, раковины, вмятины недопустимы; шероховатость опорной поверхности центрирующего бурта ограничителя подъема клапана должна быть не ниже 9-го класса; дефекты контактирующих поверхностей недопустимы; овальность и конусообразность посадочных мест и направляющих поверхностей седла и ограничителя подъема клапана допускается по 3-му классу точности в пределах допуска на диаметр; неперпендикулярность оси расточенного отверстия в седле клапана под центрирующий бурт ограничителя подъема к плоскостям прилегания клапанных пластин разрешается не более 0,05мм на 100 мм длины; твердость термообработанных клапанных пластин после чистового шлифования должна быть в пределах HRC 48 - 54 окончательно притертые клапанные пластины должны иметь шероховатость обработанной поверхности не ниже 10-го класса, а боковых поверхностей - не ниже 7-го класса; на поверхностях детали недопустимы надрезы, царапины, риски, заусенцы, острые кромки

и окалина на их цилиндрической части; в сборе кольцевые пластинчатые клапаны должны быть герметичными и не допускать протекания керосина, налитого в клапан со стороны ограничителя подъема, в течение 5 мин; возможно просачивание 5 капель для однопластинчатых, 14 капель для двухпластинчатых, 20 капель для трехпластинчатых и 32 капель для четырехпластинчатых клапанов.

Точные детали компрессоров. Тонкую притирку точных деталей компрессоров производят на шлифовально-притирочном станке ШПС (конструкции инж. М. И. Павлова) [1].

Технические характеристики станка

Диаметр притирочных плит, мм	450
Диаметр отверстия верхней притирочной плиты, мм	127
Частота вращения нижней притирочной плиты, об/мин	90-165
Диаметр обрабатываемой детали, мм	28-70
Мощность электродвигателя, кВт	0,56.

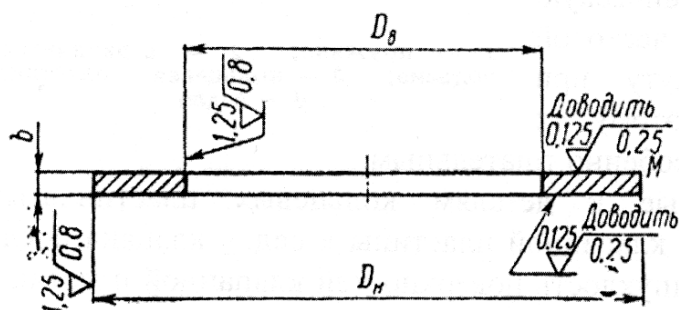


Рис. III.2. Кольцевая клапанная пластина.

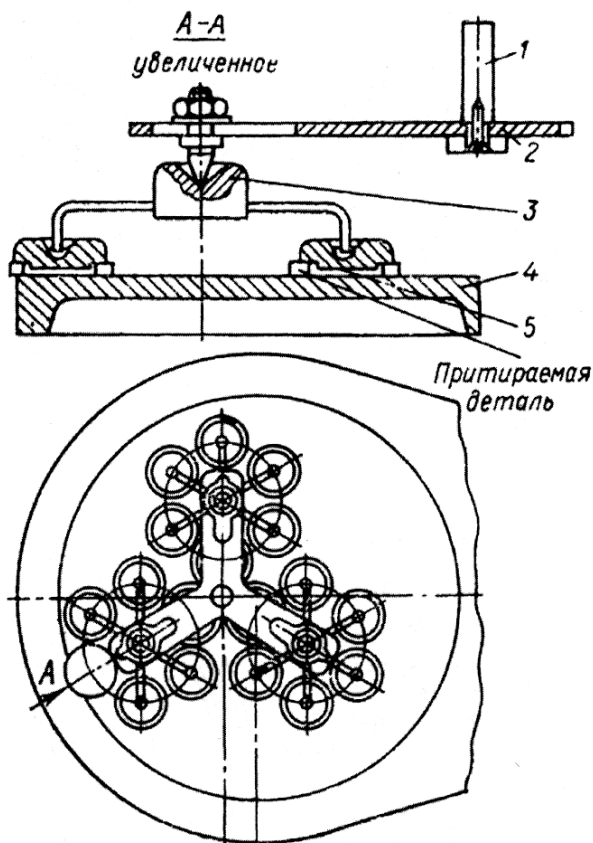


Рис. III.3. Эскиз односторонней притирки клапанных пластин.

Станок состоит из станины, устройства для смачивания зоны резания, притирочных плит, бачка с капельницей, песочницы и др. Специальное фрикционное сцепление обеспечивает сложную кинематику движений обрабатываемых деталей.

Клапанные пластины (рис. III.2) и седла клапанов обрабатывают на станке ШПС методом односторонней притирки (рис. III.3). Для этого обрабатываемые детали устанавливают на оправке с центральными зенкованными отверстиями, в которые вставлены концы трех паучков 3. В центральное отверстие корпуса паучка входит острие центросместителя 2, расположенного на стержне 1. На притирочную плиту 4 кладут скомплектованные детали, установкой стержня 5 в пазу кронштейна станины задают эксцентricность по отношению к оси стола таким образом, чтобы детали были равномерно расположены по нижней плите с небольшим перекрытием. Нагруз-

ка на притираемые детали осуществляется регулирующим вертикальным винтом. Давление регулируют так, что в начале процесса притирки оно значительное, а при окончательной чистовой отделке мало. Из песочницы периодически подсыпается на притирочную плиту абразивный порошок, а из капельницы - СОЖ. Абразивный порошок с притирочных плит смывают керосином или эмульсией, которая подается под динамическим напором.

Притирку клапанных пластин из стали 38ХМ производят карбидом бора (порошок № 230), в качестве СОЖ применяют керосин. При двусторонней притирке на нижнюю притирочную плиту устанавливают сепаратор, в котором находятся обрабатываемые детали, сверху укладывают притирочную плиту с центральным отверстием. Ось сепаратора смещается относительно оси верхней притирочной плиты на максимально допустимую величину с таким расчетом, чтобы обрабатываемые детали немного выходили из-под притирочной плиты. К особенностям двусторонней притирки относится первоначальное истирание деталей, имеющих большую высоту. Затем все детали получают одинаковой высоты без конусности.

Точные детали кольцевых пластинчатых клапанов. Кольцевые клапаны обычно имеют следующие размеры: $D_n = 60 - 295$ мм, $D_v = 40 - 266$ мм, $b = 2 - 3$ мм; наружный диаметр седла $80 - 325$ мм, а высота $18 - 50$ мм (рис. III.4). Ограничители подъема кольцевых клапанов с гнездами для кольцевых пружин имеют наружный диаметр $50 - 296$ мм и высоту $24 - 38$ мм (рис. III.5).

Седла клапанов и ограничители подъема изготавливают из стального литья марок 25Л, 35Л, 45Л, высокопрочного чугуна, выплавляемого в оболочковых формах или по моделям. Чугунные детали подвергают старению перед окончательной обработкой. Клапанные пластины работают в сложных условиях знакопеременных нагрузок при вредном влиянии газовой среды с температурой 180°C , поэтому их изготавливают из листовой качественной стали марок 3Х13 и 3ХГС методом штамповки. На механическую обработку эти детали должны иметь припуск не менее толщины листа на сторону, допустимый эксцентриситет отверстия пластины по внешнему диаметру не более $0,25$ мм. Клапанные пластины подвергают термической обработке до $HRC 48 - 52$.

Из листовой стали заготовки клапанных пластин получают холодной штамповкой или вырезанием на металлообрабатывающем станке. Изготовление клапанных пластин из пруткового металла недопустимо, так как из-за перерезания волокон механические свойства металла снижаются и появляется предрасположенность к трещинообразованию. Штампованные заготовки рихтуют на правильном штампе, затем на токарном станке предварительно растачивают отверстие пластины, на центральной оправке обтачивают наружные поверхности с последующим шлифованием с двух торцов на плоскошлифовальном станке чашечным абразивным кругом, снимая припуск $0,25$ мм на сторону, до получения заданного размера и шероховатости обработанной поверхности 8-го класса. После термообработки и удаления окалины шлифуют плоскости клапанных пластин до шероховатости 9 - 10-го классов; острые кромки по наружному и внутреннему диаметрам пластин округляют для устранения мест концентрации

напряжений. Затем производят повторный отпуск. Окончательной обработкой клапанных пластин является притирка плоскостей до шероховатости 10-го класса.

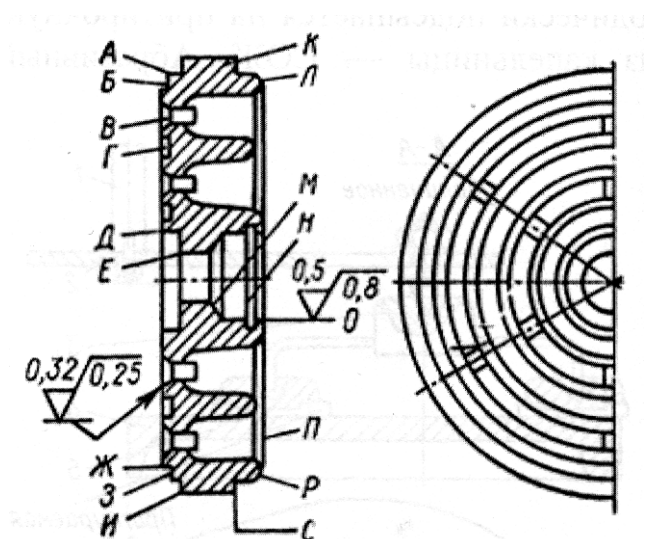


Рис. III.4. Седло кольцевого клапана.

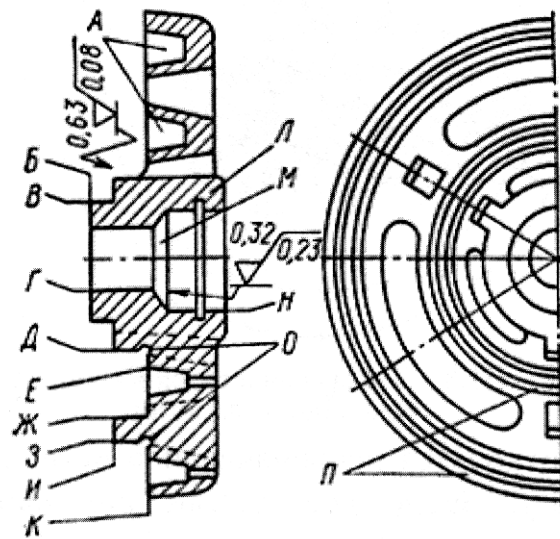


Рис. III.5. Ограничитель подъема кольцевых клапанов с гнездами для кольцевых пружин.

Седла кольцевых клапанов (рис. III.4) отливают из чугуна с припуском 3 - 6 мм на механическую обработку. После очистки заготовок от литника и дробеструйной (пескоструйной) обработки на револьверном станке в трехкулачковом патроне подрезают торец седла Б, обтачивают резцом ВК8 заготовку по диаметру К, после переустановки подрезают торец Л с припуском 1,5 - 3 мм для дальнейшей обработки. Затем производят старение заготовки, допускаемая твердость чугуна СЧ 21-40 составляет $HB\ 170 - 241$. На револьверном станке резцом ВК8 подрезают торец Б, оставляя припуск 0,5 - 1,0 мм для получения шероховатости 6-го класса; обтачивают поверхность С до получения окончательного размера и шероховатости 5-го класса; сверлят отверстие Е до окончательного размера, шероховатость 5-го класса; предварительно подрезают торец И до диаметра Л, шероховатость 5-го класса, выдерживая высоту выступа с припуском 0,5 мм, обработку ведут подрезными резцами ВК8, закрепленными в двухрезцовой державке. Подрезают торец З до диаметра Ж окончательного размера (шероховатость 5-го класса); зенкеруют отверстие Д предварительно (шероховатость 6-го класса); протачивают в торце седла концентричные сквозные канавки В до окончательного размера (шероховатость 5-го класса); протачивают в торце седла концентричные глухие канавки Г, обеспечивая окончательный размер ширины уплотнительных поясков (шероховатость 5-го класса). Обтачивают фаски на кромках уплотнительных поясков; обтачивают поверхность А до окончательного размера, шероховатость 6-го класса; зенкеруют отверстие Д до окончательного размера, шероховатость 6-го класса; протачивают риску в торце бурта; подрезают плоскости уплотнительных поясков, шероховатость 7-го класса, оставляя припуск 0,2 - 0,3 мм на шлифование; напильником притупляют острые кромки.

Во время второй револьверной операции после переустановки заготовки в

трехкулачковом патроне подрезают торец *П* до окончательного размера (шероховатость 5-го класса); предварительно обтачивают диаметр *Л* (шероховатость 6-го класса); зенкеруют отверстие *О* (шероховатость 5-го класса); подрезают торец бурта *С* до окончательного размера (шероховатость 5-го класса); обтачивают диаметр *Л* до окончательного размера (шероховатость 6-го класса); зенкеруют отверстие *О* до окончательного размера (шероховатость 6-го класса); протачивают риску в торце бурта; точат фаску *П* по диаметру *Л*; растачивают канавку *Н* до окончательного размера (шероховатость 5-го класса); обтачивают фаску *Л/Г* (шероховатость 5-го класса); притупляют напильником острые кромки со стороны обработки.

Следующая операция - шлифование на плоскошлифовальном станке плоскостей уплотнительных поясков *Б* до окончательного размера (шероховатость 9-го класса). Затем седло клапана размагничивают, притупляют острые кромки после механической обработки, очищают деталь сжатым воздухом от стружки, промывают в содовом растворе, просушивают подогретым сжатым воздухом и после контроля ОТК передают для комплектования узла. Как видно из приведенного типового технологического процесса, обработка седел клапанов на револьверных станках была предусмотрена с использованием многорезцовых наладок. Поверхности внутренних проходов седел клапанов получают в литье, которое выполняется с особой точностью в металлических моделях, в оболочковых формах, по выплавляемым моделям.

Направление клапанных пластин во время их движения и ограничение подъема осуществляется с помощью ограничителей (рис. III.5).

После предварительной механической обработки заготовки подвергают искусственному старению до получения *НВ* 170 - 241. Внутренние необрабатываемые поверхности делают чистыми, без литейных швов, пористости, наплывов. После дробеструйной операции заготовка поступает на револьверный станок, где подрезают торцы ограничителя подъема *В*, *И*, *К*, обтачивая поверхность уступов *Д*, *Ж*, *З*, и подрезают дно уступа (шероховатость 4-го класса), оставляют припуск 1,5 - 3 мм на механическую обработку. После старения в процессе револьверной операции подрезают торец *Б* до окончательного размера и сверлят отверстие *Г* до окончательного размера на проход (шероховатость 5-го класса); обтачивают поверхности уступов *Д* и *Ж*, предварительно подрезают дно уступов *Е* и окончательно торец *С* (шероховатость 6-го класса); торец *И* подрезают до окончательного размера (шероховатость 5-го класса). Одновременно точат конусные канавки *А* до окончательного размера (шероховатость 5-го класса); диаметры *В* и *З* до окончательного размера, поверхности уступов *Д* и *Ж*, подрезают дно уступов *Е* до окончательного размера (шероховатость 6-го класса); протачивают канавки *О* по диаметрам *Д* и *З* до окончательного размера (шероховатость 3-го класса); снимают фаски на поверхностях *Д*, *Ж* и *З* до окончательного размера (шероховатость 5-го класса); притупляют острые кромки со стороны обработки.

Во время другой револьверной операции отверстие *Н* подвергают предварительному растачиванию (шероховатость 6-го класса); зенкеруют отверстие *Н* до окончательного размера (шероховатость 6-го класса); растачивают канавки

Л до окончательного размера (шероховатость 5-го класса); снимают фаску М у отверстия Г до окончательного размера (шероховатость 5-го класса); притупляют острые кромки со стороны обработки; сверлят отверстия П в конусных канавках до окончательного размера (шероховатость 5-го класса); притупляют острые кромки после механической обработки, очищают деталь от стружки сжатым воздухом; в ванне промывают деталь в содовом растворе и просушивают ее подогретым сжатым воздухом. После контроля ОТК деталь передают для комплектования.

Седла клапанов для компрессора. Калиброванный отожженный прутки из стали 40 ($d = 22$ мм) поступает на шестишпиндельный токарный автомат Шюттс SB-22, на котором центруют, подрезают, обтачивают, сверлят, зенкеруют и отрезают заготовки. Режимы резания в процессе автоматной обработки: при точении $v = 22$ и $v = 28,3$ м/мин; $S = 0,095$ и $S = 0,023$ мм/об; при сверлении и зенкерании $v = 13$ и $v = 14$ м/мин; $S = 0,095$ мм/об; при обрезке заготовки $v = 5$ м/мин; $S = 0,023$ мм/об. На горизонтально-фрезерном станке 03021 набором из двух дисковых фрез фрезеруют шлиц на торце заготовки, шириной 3,5 мм на глубину 3 мм.

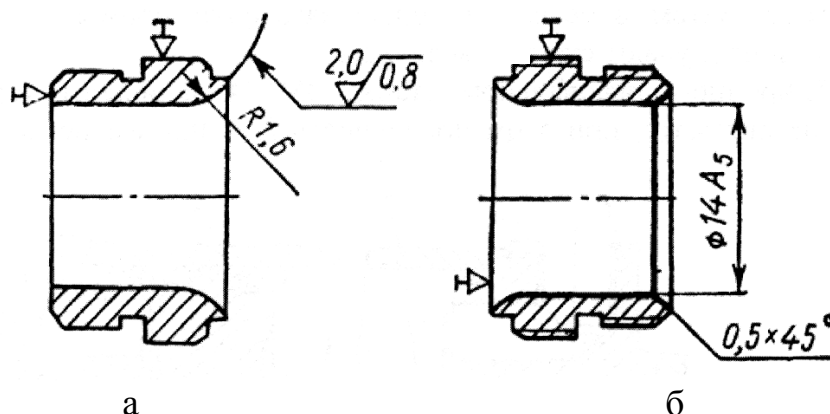


Рис. III.6. Заготовим седла клапана для компрессора после зачистки галтели (а) и револьверной операции (б).

На токарно-револьверном станке зачищают заусенцы и притупляют острые кромки, зачищают галтель $R 1,6$ мм (до получения шероховатости 6-го класса) трехгранным напильником и наждачным полотном с деревянной державкой (рис. III.6).

На револьверном станке 02014, установив и закрепив заготовку пневматическим зажимом с разрезной втулкой, снимают заусенцы с другого конца заготовки и зенкуют фаску комбинированной разверткой. Биение оправки с цангой допускается не более 0,05 мм. После этого на резьбофрезерном станке нарезают резьбу по наружному диаметру. Проверке ОТК подлежит 10 - 100% деталей изготовленной партии. Детали подвергают консервации.

Клапаны. Клапаны (рис. III.7) изготавливают из прутка стали 40Х ($D 17$ мм) твердостью $HB 217$, который разрезают на абразивно-отрезном станке Ш7 на заготовки длиной 2000 мм. Обработку ведут абразивным кругом $D 300 - 400$ мм. Заготовки рихтуют молотком на плите; на обдирочно-шлифовальном

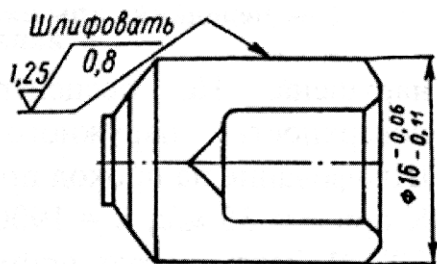


Рис. III.7. Клапан турбокомпрессора.

режимы резания при точении $v = 29,1$ м/мин, $S = 0,032 - 0,064$ мм/об; при зенкерованием $v = 22,3$ м/мин, $S = 0,126$ мм/об. Затем в сетчатом ящике заготовки промывают моечным раствором и продувают сжатым воздухом.

На обдирочно-шлифовальном станке 3М634 зачищают торец после отрезки на автомате, при этом поверхность $R = 0,5$ мм не должна быть нарушена. На бесцентрово-шлифовальном станке 3184 шлифуют поверхность наружного диаметра, шероховатость 7-го класса. Шлифование на проход производят кругом ПН 500 х 150 х 305, Э40 СМ1К при $v = 35$ м/с, $S = 1900$ мм, ведущий круг МВД 300 х 150 х 127, Э16 СТ1 В. Затем деталь промывают в моечном растворе, продувают сжатым воздухом. После контроля ОТК (5% деталей) их передают на сборку.

Гильзы. Стационарные пневмоцилиндры (рис. III.8) используют в кузнечно-прессовых машинах, для привода технологической оснастки, средств механизации и автоматизации производственных процессов и др. Они работают при давлении сжатого воздуха 10 кгс/см^2 , температуре от -45 до 60°C , со скоростью перемещения штока не более $0,5$ м/с. Ниже приведен технологический процесс изготовления гильзы пневмоцилиндра без торможения, с наружной резьбой на конце штока, с конической присоединительной резьбой, $D 100$ мм и длиной хода 500 мм.

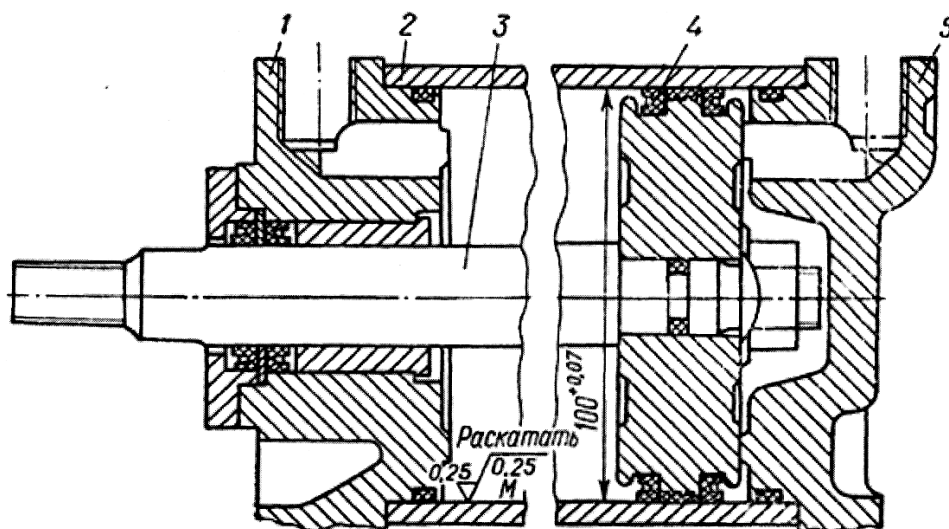


Рис. III.8. Пневмоцилиндр: 1 - передняя крышка; 2 - гильза; 3 - шток; 4 - поршень; 5 - задняя крышка.

Труба из стали 45А разрезается на станке 872А на заготовки длиной ± 2 мм со скоростью резания 25,5 м/мин при 85 дв. ход/мин. На фрезерно-центровальном станке МР73М обрабатывают концы заготовки, установленной в призмах, торцовыми фрезами Т5К10, 160 мм, при скорости резания 125 м/мин и подаче 40 мм/мин. На токарном станке 1К62 заготовку устанавливают в центрах, закрепляют ее, обтачивают по наружному диаметру, снимая припуск около 2 мм и фаску на торце, проходным резцом Т15К6 при $v = 89$ м/мин, $S = 0,15$ мм/об, $t = 1$ мм, шероховатость обработанной поверхности 4-го класса, допустимая конусообразность на длине 400 мм - 0,07 мм.

Затем на специальном горизонтально-расточном станке РТ221БН-13, установив заготовку в патрон и люнет и закрепив ее, растачивают отверстие $D 92$ мм за один проход до $D 99,3^{+0,23}$ мм по всей длине цилиндра, используя специальную расточную головку; $v = 78$ м/мин, $S = 58$ мм/мин, $t = 3,65$ мм, машинное время растачивания отверстия длиной 500 мм составляет 8,79 мин. Допустимая овальность и конусообразность отверстия 0,2 мм, обмер производят индикатором-нутромером.

На горизонтально-расточном станке РТ221БМ-13 выполняют получистовое растачивание отверстия $D 99,3^{+0,23}$ мм до $D 99,95^{+0,07}$ мм специальной расточной головкой с плавающим расточным резцом за один проход при $v = 78$ м/мин, $S = 58$ мм/мин, $t = 0,33$ мм, шероховатость обработанной поверхности 6-го класса, овальность и конусообразность - не более 0,04 мм. Следующая токарная операция - растачивание внутренней фаски $3 \times 20^\circ$ на торце заготовки. После этого заготовку промывают в ванне моечным раствором и уайт-спиритом. Чистовую обработку отверстия производят на токарно-винторезном станке 1К63. Установив заготовку до упора в патрон и люнет и закрепив ее за поверхность наружного диаметра, раскатывают отверстие $D 99,95^{+0,07}$ мм специальной раскаткой до $100 (+0,03 +0,09)$ мм за два прохода при $v = 125$ м/мин, $S = 0,43$ мм/об, $t = 0,03$ мм. СОЖ - эмульсия, общее машинное время раскатывания 1,2 мин; овальность и конусообразность допускаются до 0,04 мм, риск на поверхности не должно быть; шероховатость обработанной поверхности 9-го класса, а по краям - 7-го. Таким образом, толщина стенки заготовки была 11 мм, а толщина стенки детали составляет 6 мм.

Установив заготовку на токарно-винторезном станке в патрон и люнет и закрепив специальным центром, ее разрезают на две более короткие части отрезным резцом Т15К6 при $v = 35$ м/мин, $S = 0,07$ мм/об, $t = 5$ мм, за один проход. Групповые заготовки подрезают со стороны технологической фаски; после растачивания другой фаски обтачивают фаску $0,5 \times 45^\circ$ резцом Т15К6 (доведенным алмазным кругом) при $v = 61 - 62$ м/мин, $S = 0,07$ мм/об. Переустановив заготовку, окончательно обтачивают фаску $0,5 \times 45^\circ$ без охлаждения, шабером снимают заусенцы. Неперпендикулярность торцов обеспечивают в пределах 0,1 мм.

После хромирования заготовки выполняют полирование отверстия на токарно-винторезном станке до шероховатости 9-го класса. Обработка ведется в специальном приспособлении войлочным кругом $D 80$ мм пастой ГОИ. Овальность и конусообразность отверстия обеспечивают в пределах 0,04 мм; неперпендикулярность торцов к центральному отверстию 0,1 мм; риски на поверхно-

сти $D 100^{+0,07}$ мм не допускаются. После контроля ОТК готовую деталь передают на сборку.

III.2. МОНТАЖ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ И УСТРОЙСТВ

После расконсервации изделия тщательно обезжиривают уайт-спиритом или бензином Б70 и тщательно протирают мягкой ветошью, затем продувают сухим воздухом.

Монтажные работы выполняют с учетом требований рабочих чертежей, технических условий, инструкций заводов-изготовителей, правил техники безопасности, противопожарной безопасности и охраны труда.

Пневмоцилиндры. В зависимости от условий использования цилиндра монтаж осуществляют различными способами: на лапах, фланце, проушине, цапфе, удлиненных стяжках.

Цилиндры устанавливают таким образом, чтобы боковые нагрузки на поршневые штоки были наименьшими. Для этого выбирают наиболее целесообразный способ сборки, обеспечивающий соосность штока цилиндра и вала ведомого механизма, так как их несоосность создает условия для одностороннего износа цилиндра и направляющих втулок штока и поршня и возникновения перекосов ведомого механизма, вызывающих заклинивание штока. Шток с приводом желательно соединять шарнирно. Затяжка уплотнений штоков должна обеспечить герметизацию с учетом потерь на трение. Если монтаж цилиндра производится на цапфах, то цилиндр должен свободно на них качаться при повороте на заданный угол. Пневматические цилиндры монтируют в положении отверстиями вниз, чтобы воздух мог свободно подводиться и сбор конденсата в полостях цилиндра не происходил. По окончании монтажа пневмопривод присоединяют к сети или к компрессору; прямой и обратный ходы привода производят при номинальном давлении плавно, без ударов и заеданий.

Монтаж пневмоцилиндров осуществляют при выполнении следующих требований: до монтажа из резьбовых отверстий удаляют заглушки и проверяют чистоту резьбовых гнезд; соблюдают соосность валов приводного механизма и мотора; на валы пневмомоторов не должно действовать осевое усилие. По окончании монтажа пневмомотор испытывают в рабочих условиях в течение 15 - 20 мин. При этом не допускаются утечка воздуха на стыках и соединениях, шумы, посторонние стуки и нагрев мотора более 50 - 60° С.

Пневмоаппаратура. Монтаж производят при соблюдении горизонтального положения продольной оси для двухпозиционных воздухораспределителей с двусторонним электрическим и пневматическим управлением. В противном случае, когда обе полости сообщены с атмосферой и электромагниты отключены, возможно неожиданное перемещение поршня с золотником при его уравновешенном положении. Монтаж аппаратуры при стыковом присоединении производят без сильного затягивания винтов во избежание деформации корпуса, уплотнение же привалочных плоскостей осуществляют в необходимой мере натягом резиновых колец. Воздухораспределители не рекомендуется ста-

вить в зонах с высокой температурой, где возможно попадание на них грязи и воды. В подводящих воздухопроводах устанавливают запорные устройства. Перед регулятором давления размещают фильтры-влагоотделители.

Пневмоавтоматика. Монтаж обычно ведут на специальных платах - панелях, внутри которых проходят коммуникационные каналы. Выводы из каждого элемента выполняют на одной стороне платы; на платах не должно быть сколов, прорывов; ширина перемычек между каналами делается не менее 2 - 3 мм, а между каналом и отверстием 1,5 - 2 мм; диаметры каналов 2 - 3 мм. Платы склеивают (так, для станочной пневмоавтоматики толщина листов плат составляет 10 мм), их изготавливают штамповкой, травлением, фотоспособом.

Монтажный блок состоит из герметичного корпуса, монтажной платы, эжектора замкнутых систем, пневматических разъемов входов и выходов, фильтра; число входов и выходов при наличии двенадцатипольных разъемов составляет 60, 72, 108. Одно- и многотактные дискретные вычислительные и управляющие устройства типа П-2 и турбулентные струйные логические элементы конструкции ИАТ монтируют в основном по следующей технологической схеме: платы собирают в блок чередующихся с платами коммуникаций и прокладок; функциональные блоки имеют 3 - 11 этажей.

Трубопроводы. Для трубопроводов часто используют бесшовные трубы из углеродистых, легированных, нержавеющей сталей, меди, алюминия, полиэтилена, полихлорвинила. Трубопроводы должны обеспечить прочность, плотность, надежность присоединения к арматуре, приборам, средствам автоматизации, возможность удаления влаги, продувки и промывки. Металлические поверхности трубопроводов должны быть очищены от пыли, жира, краски, ржавчины, окалины механическим и химическим способами и после просушки окрашены. После разметки, отрезки, изгибания, нарезания резьбы или подготовки торцов для сварки производят монтаж трубопроводов.

Пневматические системы управления. По окончании монтажных работ всех пневматических устройств производят пуск и наладку системы управления. Перед пуском проверяют: подачу сжатого воздуха (продувкой трубных соединительных линий) и электроэнергии; четкость срабатывания распределительных устройств; герметичность распределительных элементов; работу реле давлений; настройку конечных положений механизма настройки скорости перемещения поршня пневмоцилиндра (дресселированием выпуска воздуха из его полостей); соответствие между производительностью компрессора и расходом воздуха потребителями; соответствие между усилием, получаемым от поршня привода, и сопротивлением ведомого механизма и т. д.

В процессе эксплуатации осуществляют обязательную проверку правильности работы машины по заданному циклу, герметичности соединений трубопроводов и уплотнительных устройств, работоспособности очистных устройств (фильтры, удаление конденсатов, регенерация фильтров, ультразвуковая очистка), наличия нагаромасляных отложений в воздухопроводах.

Наладку пневмоприводов поручают специалистам, ознакомленным с технологическими процессами, работой машин, механизмов, хорошо знающим правила техники безопасности при эксплуатации пневмоприводов.

ГЛАВА IV

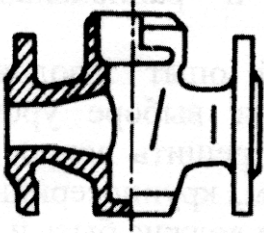
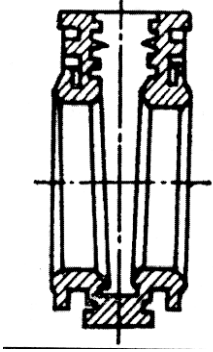
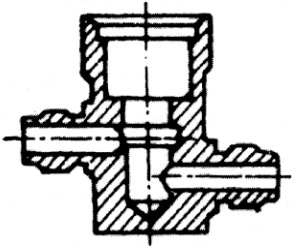
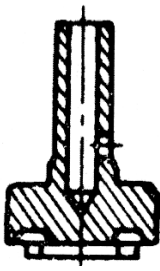
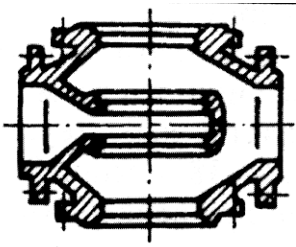
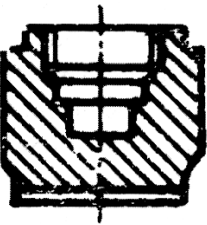
ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ И АРМАТУРЫ

IV.1. ОБРАБОТКА УЗЛОВ ТЕПЛОСИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ СО СРЕДНИМИ И ВЫСОКИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Известно, что наибольшие трудности имеют место при обработке металлических уплотнительных поверхностей. Некоторые типовые детали с металлическими уплотнительными поверхностями приведены в табл. IV. 1.

Таблица IV.1

Основные детали арматуры с точными поверхностями (фрагмент)

Эскиз	Детали	Эскиз	Детали
	Краны		Задвижки
	Вентили		Золотники
	Клапаны регулирующие		Тарелки вентелей

В корпусах устанавливают и закрепляют запорные или уплотнительные устройства и другие механизмы. Соединение уплотнительных колец с основными деталями часто производится наплавным способом, кроме того,

применяются разъемные и неразъемные соединения. Неразъемные соединения выполняют запрессовкой, обвальцовкой, приваркой и другими способами. В крышках размещаются механизмы управления аппаратурой, детали уплотнений, технологические узлы. Шпиндели, валики, штоки и другие детали предназначены для осуществления движения узлов, механизмов; в основном они распространены в автоматически действующей, регулирующей и предохранительной арматуре. Клинья служат уплотняющими элементами задвижек. Золотники и тарелки, используемые в регулирующей и предохранительной арматуре, являются точными деталями с уплотнительными поверхностями.

Корпусные детали изготавливают в основном из материалов, приведенных в табл. IV.4, используемых в виде литья, поковок и штамповок.

Известно, что на изготовление корпусных деталей требуется 70 - 90% рабочего времени. Сами детали не являются прецизионными, но в них размещаются уплотнительные поверхности и качество их изготовления влияет на эксплуатационные свойства узла, гидравлическую плотность пар, своевременное и точное срабатывание механизмов изделия. Поэтому решение технологических задач должно быть связано с повышением точности взаимного расположения поверхностей и рациональным выбором баз.

В настоящее время уже накоплен значительный опыт заводов в разрешении указанных вопросов. Прежде всего, при выборе уровня технологии обработки и сборки изделий необходимо решить вопрос об объеме производства: индивидуальном, мелкосерийном, крупносерийном и массовом. Чем больше объем производства, тем выше должна быть и его автоматизация, с другой стороны, точность изготовления деталей требует в идеальном случае обработки всех поверхностей деталей с одной установки на специальных многошпиндельных, агрегатных станках, заменяющих собой иногда целую автоматическую линию. Примеры целесообразного решения технологического процесса дифференциального или концентрированного методов обработки деталей приведены ниже. Так, по данным Михаэля С. Ю. и Бенина Л. А., на одном из заводов на автоматических линиях производится вся механическая обработка корпусов запорных муфтовых вентилей с проходами 15 и 20 мм; здесь выполняется многопозиционная обработка патрубков, растачивание гнезда для седла, сборка с седлом и обработка седла в сборе с корпусом.

При массовом производстве корпус вентилей с проходом 15 мм обрабатывается на автоматической линии за 3,89 мин машинного времени. Вместе с тем режимы резания не завышены, что и является характерным для такой обработки. Например, при точении $v = 15,8 - 38$ м/мин, $S = 0,05 - 0,15$ мм/об; при нарезании резьбы $v = 3,6$ м/мин; при зенкерование отверстий $v = 15,0 - 27,2$ м/мин, $S = 0,13 - 0,5$ мм/об; при развертывании отверстий $v = 4,8 - 6,8$ м/мин, $S = 2,2$ мм/об. Заготовки обрабатываются по 2 шт. в специальных приспособлениях - спутниках с базовыми плитами.

При крупносерийном производстве для многопозиционной обработки патрубков и растачивания гнезда под седло необходимо использовать агрегатные четырех- и двенадцатипозиционные станки и др., для сборки с седлом - сверлильные и револьверные станки, для обработки седла в сборе с корпусом -

токарные, револьверные, карусельные, расточные станки.

Станок типа ХА по производительности равноценен автоматической линии, он за одну операцию производит всю предварительную механическую обработку двух корпусов вентилей шестью горизонтальными и тремя вертикальными агрегатными головками.

Из просмотра технологических процессов обработки вентилей, клапанов, кранов, задвижек фланцевых и других деталей видно, что завершающими операциями являются обработка гнезд под уплотнительные кольца, сборка с уплотнительными кольцами, обработка колец в сборе с корпусом, седла после установки, седла в сборе с корпусом.

Одновременно тонкое растачивание конических отверстий и пробок производится на специальном радиально-сверлильном станке. Последующая притирка обеспечивает требуемую герметичность узла. На токарных станках подрезают запорные поверхности задвижек с клиновым устройством и уплотнительными кольцами или растачивают гнезда под кольца. У арматуры, служащей для оборудования устья нефтяных и газовых скважин, уплотнительными поверхностями являются наклонные плоскости корпуса. Наклонные поверхности подрезают на карусельных и токарных станках, используя специальные поворотные приспособления со скошенными относительно оси вращения стола плоскостями.

Уплотнительные кольца изготавливают из мягких (кожа, пластмасса и др.) и твердых (сталь, твердые сплавы, цветные сплавы на основе меди или никеля, баббит) материалов. Кроме того, применяют наплавку уплотнительных поверхностей сталями 1Х13, 2Х13, Х25Н20, сормайт № 1 и 2 и стеллитом ВК3.

Детали твердых уплотнений предварительно обрабатывают на токарных или револьверных станках и автоматах. Уплотнительные кольца изготавливают с особой точностью по наружному и внутреннему диаметрам для точного соединения по посадке Аз/Прз с натягом. Эксцентричность колец может вызвать местные зазоры и большие натяги при их установке в корпусе. Деформация азотированных колец не допускается, так как она приводит к неплоскостности запорной поверхности.

Для точения колец на токарном станке применяется простейшее приспособление с осевым усилием зажима. Деталь прижимают за торец кулачками, при этом растачивают отверстие, затем закрепляют вторым рядом кулачков за плоскую поверхность дна выточки, первые кулачки снимают. Деталь, при неизменном ее положении по отношению к оси вращения, подрезают и обтачивают. Уплотнительные кольца со сферической опорной поверхностью предварительно и окончательно обтачивают, затем шлифуют; уплотнительную поверхность кольца шлифуют на плоскошлифовальном станке в специальном приспособлении. Окончательной обработкой уплотнительной поверхности является притирка.

Сборка уплотнительных колец с корпусом или затвором осуществляется: с помощью резьбового соединения (при этом используется ключ и специальное устройство); запрессовкой на гидравлических прессах с односторонней пласти-

ческой деформацией; развальцовкой колец раскаткой в корпусах; обвальцовкой колец материалом корпуса; приваркой; наплавкой электродами из стали и сплавов Св-Х25Н20, Св-Х25Н13, Св-1Х13, Св-2Х13, Св-3Х13, Св-ООХ18Н9, стеллита ВКЗ, сормаита № 1.

После сборки уплотнительные кольца обрабатывают на токарных, карусельных и расточных станках.

Гнезда под седла в корпусе запорной задвижки. На рис. IV.1 показан корпус цельнолитой и сварной конструкции после следующих операций: обработки наружных базовых цилиндрических поверхностей двух поясков на патрубках и одного на наружной поверхности горловины на токарно-расточном станке; обработки торца и растачивания отверстия в горловине в приспособлении на токарно-карусельном станке; обработки направляющих ребер, служащих для направления движения обоймы части затвора. Корпус в приспособлении базируют на ось горловины. Направляющие ребра обрабатывают с помощью копира, служащего для контроля набора фрез, установки резца и размера ребер. На токарно-расточном станке растачивают гнезда для установки седел затвора. Корпус устанавливают в приспособлении базовыми поясками на призмы, которые обеспечивают правильное расположение гнезд по отношению к плоскости симметрии корпуса, перпендикулярно к осям патрубков. Так как в обрабатываемом гнезде отсутствует плоскость для отсчета движения режущего инструмента, необходимо иметь комплект режущих и мерительных инструментов, базирующихся на обработанных направляющих ребрах. Из-за необходимости растачивания противоположных гнезд при подаче шпинделя станка только в одну сторону специальное приспособление должно осуществлять точный поворот детали на 180° для следующей обработки.

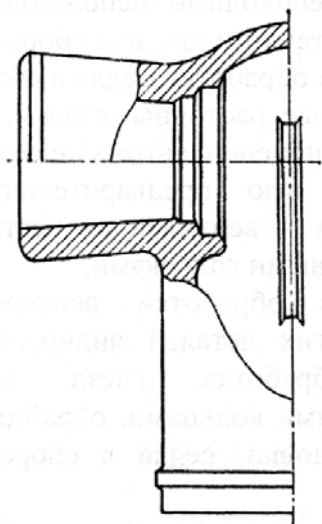


Рис. IV.1. Гнездо под седло в корпусе запорной задвижки.

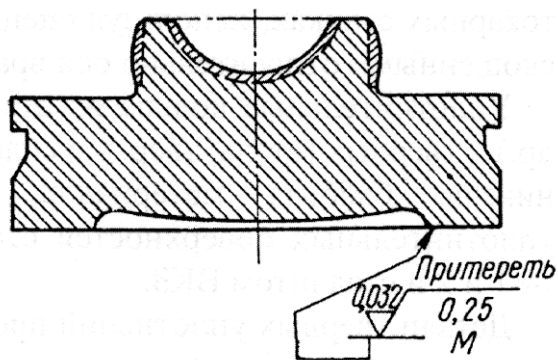


Рис. IV.2. Тарелка запорной задвижки.

Тарелка затвора запорной задвижки. На рис. IV.2 показана деталь после чистовой механической обработки. Она предназначена для паропровода при давлении 255 кгс/см^2 и 585° С . Деталь изготавливается из жаропрочной ковальной термически обработанной или горячештампованной стали, а уплотнитель-

ная высокоточная поверхность выполняется из наплавленного электросваркой противозадирного при высокой температуре слоя, содержащего около 60% кобальта. Деталь обрабатывается предварительно под наплавку и окончательно после нее, так как в процессе наплавки деталь деформируется. В дальнейшем уплотнительная поверхность тарелки обрабатывается первой и служит базой для остальных операций.

Окончательная обработка заканчивается механической зачисткой уплотнительной поверхности, при этом обеспечивается ее плоскостность и шероховатость согласно технологическому процессу. Тщательно обрабатывают радиусы переходов уплотнительных поверхностей специальным режущим инструментом. На последней, четвертой, операции чистовой обработки производят притирку уплотнительной поверхности в соответствии со специальной инструкцией для каждого обрабатываемого сплава. Затем контролируют качество притертых поверхностей.

Седла затворов запорной арматуры. Седла изготавливают из ковanej или катаной стали, из толстостенных стальных труб, колец. На механическую обработку заготовки поступают после термической обработки. На рис. IV.3 показано седло затвора задвижки с $D_y = 150$ мм для пара под давлением 255 кгс/см^2 при 585°C . Механическую обработку седла производят до наплавки уплотнительного слоя и после нее. Обрабатываемые детали до наплавки должны быть изготовлены с учетом остаточных деформаций, которые появятся в процессе наплавки. При окончательной обработке за базовую поверхность принимается уплотнительная.

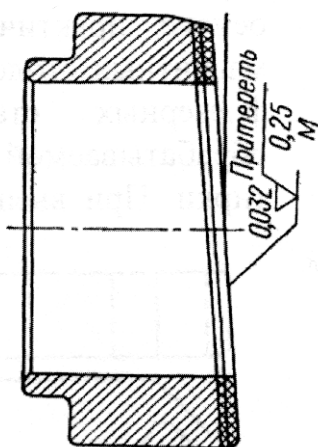


Рис. IV.3. Седло затвора запорной арматуры.

В процессе чистовой операции после наплавки обрабатывают конические поверхности 15° , уплотнительную поверхность и радиусы переходов от уплотнительных поверхностей к коническим. Для этого деталь устанавливают с помощью специального приспособления под соответствующим углом к оси вращения шпинделя станка. После обработки всех остальных поверхностей детали ее передают на последнюю операцию притирки уплотнительной поверхности седла, которая проводится аналогично обработке тарелок. Седла располагают в специальном приспособлении при горизонтальном положении уплотнительной поверхности.

Шиберы. Сечения клапанов шиберного типа регулируются, при этом клапан в корпусе неподвижен, а шибер с помощью шпинделя или штока перемещается.

На рис. IV.4 показан шибер регулирующего клапана из ковanej термически обработанной заготовки. Вначале предварительно обрабатывают обе плоскости. Размер припуска устанавливают на основе практических данных. Детали, закрепленные с помощью магнитных столов, обрабатывают торцовыми фрезами на вертикально-фрезерных станках. Затем производят наплавку плос-

кости, обрабатываемой под операцию притирки. При выявлении дефектов на поверхности выполняют местную наплавку. Затем обрабатывают наружный контур детали в специальном поворотном приспособлении с накладным копиром, прорезают молоткообразный паз пальцевой и грибковой фрезами, вырезают электроискровым методом отверстие проходного сечения шибера, базирuясь на молотковый паз, исправляют шлифованием плоскостность поверхностей, деформированных в результате обработки отверстий и вырезов. Далее выполняют окончательную операцию притирки.

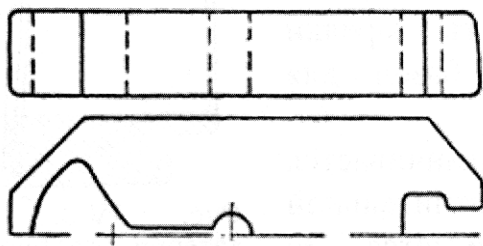


Рис. IV.4. Шибер регулирующего клапана.

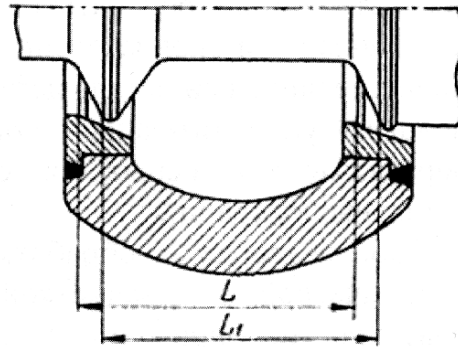


Рис. IV.5. Регулируемое сечение в клапане скальчатого типа.

Клапаны двухседельного скальчатого типа. Они служат для регулирования количества жидкости, пропускаемой через трубопровод, или для сброса пара при дросселировании.

На рис. IV.5 показан узел регулируемого сечения в клапане скальчатого типа. Требуемая характеристика работы клапана может быть получена тогда, когда золотник будет садиться на два седла, а это возможно при точном соблюдении равенства размеров $L = L_1$. Специальные инструменты должны обеспечить концентричность фасок сидел и центрирующих расточек корпуса для направляющих втулок золотника. При сварке седла с корпусом необходимо обеспечить сохранность притертых поверхностей седла и клапана.

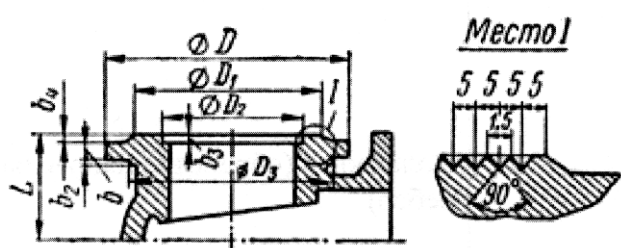
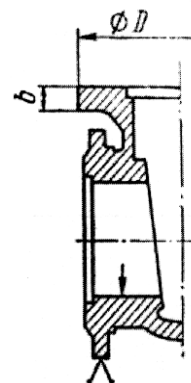
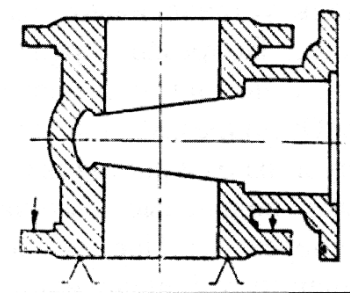
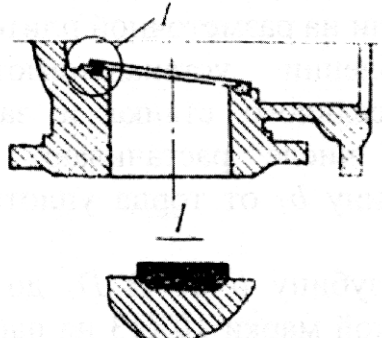
Стальные **корпуса задвижек** с $D_y = 500 - 800$ мм. Стальные заготовки корпусов задвижек (табл. IV.2) предварительно обрабатывают на карусельном станке, для чего деталь устанавливают на фланец в центре стола и закрепляют тремя прихватами. Подрезав торец в размер с припуском 2 мм для дальнейшей обработки, с помощью второго суппорта обтачивают фланец по наружному диаметру D ; подрезают тыльную сторону торца до размера D_3 , обтачивают торец до глубины b_4 и растачивают выточку до глубины D_3 и D_2 , протачивают четыре кольцевые выточки. Затем, переустановив деталь, повторяют указанные переходы. После переустановки детали на призмы обрабатывают третий фланец путем аналогичных типовых переходов. Далее производят разметку детали на разметочной плите.

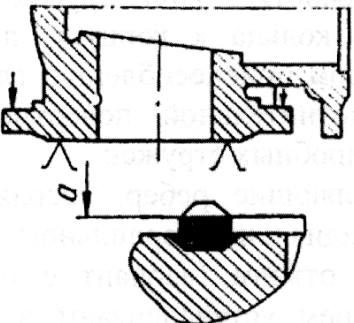
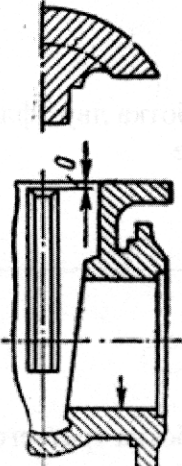
В специальном клиновом приспособлении устанавливают деталь магистральным фланцем на столе карусельного станка и закрепляют, обрабатывают ее по разметке, в том числе растачивают отверстие магистрального прохода DD_1 и D_2 на длину b_1 от торца уплотнительной поверхности и отверстие DD на длину b .

Под наплавку протачивают канавки на глубину b от D до D_1 до D . Затем наплавляют уплотнительный слой проволокой марки 10X13 на наплавочном автомате и подвергают термической обработке. При другом варианте исполнения приваривают уплотнительные кольца к корпусу, производят обработку на карусельном станке в клиновом приспособлении, где в числе других переходов подрезают торец уплотнительной поверхности «как чисто», выдерживая размер a взятием двух пробных стружек.

Таблица IV.2

Технологическая карта
обработки стальных корпусов задвижек с $D_y = 500 - 800$ (фрагмент)

Эскиз	Операция и узел
	Обработка двух фланцев на карусельном станке
	Обработка третьего фланца на карусельном станке
	Обработка магистрального прохода на карусельном станке
	Наплавка уплотнительного слоя

	Сварочная (приварка уплотнительного слоя)
	Долбежная (обработка направляющих ребер)

Затем окончательно приваривают направляющие ребра, сверлят 20 - 22 отверстия на периферии фланцев на радиально-сверлильном станке с помощью накладного кондуктора. После отжига (вариант с наплавкой) корпус окончательно обработанным фланцем устанавливают в клиновом приспособлении на столе карусельного станка, закрепляют и протачивают торец кольца до размера b , выдерживая размер a . После разметки деталь устанавливают в специальном приспособлении на столе долбежного станка, где обрабатывают боковые поверхности направляющих ребер.

Обработанную деталь передают в ОТК и на сборку, где окончательно пригоняют уплотнительные поверхности.

IV.2. ОБРАБОТКА УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ И АРМАТУРЫ

Притирка деталей перед сборкой. Сборке предшествует ряд заключительных операций: притирка уплотнительных поверхностей и зачистка острых кромок. Перед притиркой и доводкой уплотнительных поверхностей корпусов, затворов задвижек производят тонкое точение или шлифование деталей, а иногда только чистовую обработку. Процесс притирки обеспечивает требуемые шероховатость и плотность обрабатываемых поверхностей, при этом происходит исправление незначительных отклонений от правильной геометрической формы и удаляются микронеровности, оставшиеся от предшествующей обра-

ботки. Для рационального ведения процесса рекомендуется подготавливать поверхность под притирку с шероховатостью 6 - 7-го классов.

Сопрягаемые конические и фасонные поверхности обрабатывают притиром; плоские запорные поверхности притирают сопрягаемыми деталями одна по другой. Как уже было сказано, в процессе притирки точки притира не должны повторять прежней траектории. Это обеспечивают механизмы притирочных станков, сообщающих притиру сложное движение: вращение притира вокруг своей оси медленное, вращение вокруг оси детали быстрое. Плоскопритирочные станки имеют еще и осевое перемещение, в результате чего в определенный момент притир отрывается от обрабатываемой поверхности. При обработке конических поверхностей совершается еще и возвратно-вращательное движение с различным угловым и осевым смещением, т. е. притир периодически отрывается от поверхности детали.

Детали, подлежащие притирке, должны быть полностью механически обработаны и иметь клеймо ОТК, промыты и тщательно очищены. На притираемой поверхности не допускаются заусенцы, острые кромки на гранях и забоины на притираемой поверхности, раковины и песчаные прослойки. Шероховатость поверхности, подготовленной для притирки, должна быть 6-7-го классов. Плоскостность детали должна соответствовать техническим требованиям. Притиры изготавливаются из материала более мягкого, чем обрабатываемая деталь: из серого чугуна СЧ 15-32; СЧ 16-38 с перлитной и перлитно-ферритной структурой (*НВ* 120-180); из стеллита, меди, бронзы, зеркального стекла толщиной 2 см.

Грубая (черновая) притирка производится притирами с шероховатостью рабочей поверхности 7 - 8-го классов после токарной обработки, шлифования и притирки. Для чистовой обработки шероховатость поверхности притира должна быть 9 - 10-го классов.

Плоскостность притира при проверке на краску по прилеганию должна составлять 90 - 95% площади. Отработавшие притиры восстанавливают протачиванием, шлифованием и притиркой. По окончании работы притиры промывают керосином, вытирают насухо ветошью и консервируют.

Для притирки уплотнительных поверхностей применяют абразивно-доводочные материалы (табл. IV.3). Уплотнительные поверхности деталей притирают двумя способами: принудительно шаржированными притирами и нешаржированными. При обработке по первому способу на притир или плиту наносят равномерный слой пасты, затем пасту вдавливают в притир (шаржируют), после этого притир накладывают на обрабатываемую поверхность и производят притирку вручную или на станке. Обработка нешаржированным притиром осуществляется следующим образом: равномерный слой пасты наносят на притир, затем на него накладывают деталь или, наоборот, притир устанавливают на деталь и выполняют притирку вручную или на станке.

Притирка ручным способом производится возвратно-вращательным движением детали или притира по всей плоскости таким образом, чтобы срабатывание его происходило равномерно. Обычно притирка включает в себя три операции: предварительную, чистовую и окончательную. Для каждой операции используется отдельный притир.

Таблица IV.3

Абразивные материалы и составы паст для притирки уплотнительных поверхностей,
изготовленных из различных материалов

Материал уплотнительной поверхности	$P_H(Pp)$ кгс/см ²	Проводимая среда	Притир	Абразивно- доводочный материал	Состав прити- рочной пасты	Номера зернистости абразивно- доводочных материалов (ГОСТ 3647-59)		
						Предвари- тельная притирка	Чистовая притирка	Доводка
Чугун серый	до 16	Нефть	Чугун (129- 160)	Электрокорунд нормальный или карбид кремня черный	Абразив 46-50% Старин 8-10% Олеиновая кис- лота 10-20% Вспомогательное вещество 20-25%	8-5	4-3	-
	до 5	Газ				8-5	4-3	M20- M14
Латунь или бронза	до 25	Вода, пар насыщенный	Чугун (120- 150)	Электрокорунд нормальный или белый	Абразив 46-50% Старин 8-10% Олеиновая кис- лота 10-20% Вспомогательное вещество 20-25%	4-3	M20	M10; M7; M5
	25-64	Вода, пар насыщенный				4-3	M20	M10; M7; M5
	4 Pp	Керосин, газ				4-3	M20	M10; M7; M5

Продолжение табл. IV.3

Сталь 1X18H9T, X18H12M3TЛ, X17H2 и другие	до 64	Вода, пар насыщенный, нефть	Чугун (130– 160)	Электрокорунд нормальный или белый	Абразив 46-50% Стеарин 8-10% Олеиновая кис- лота 10-20% Вспомогательное вещество 20-25%	5 - 4	M28	M14; M10; M7
	более 64 до 200	Вода, пар, нефть					M20	M10; M7; M5
	до 64	Газ						
Сталь жаро- прочная термо- обработанная 2X13 и др.	до 64	Вода, пар насыщенный, нефть	Чугун (140– 190)	Электрокорунд нормальный или белый и каракс	Абразив 46-50% Стеарин 8-10% Олеиновая кис- лота 10-20% Вспомогательное вещество 20-25%	5 - 4	M28 M20	M14; M10; Каракс
	более 64 до 200	Вода, пар, нефть					M20	M10; M7; M5; Каракс
	до 64	Газ						
Наплавка твер- дыми сплавами Сплав 3М	до 200	Вода, пар, нефть, кор- роззионная среда	Стеллит	Электрокорунд	Абразив 46-50% Стеарин 8-10% Олеиновая кис- лота 10-20% Вспомогательное вещество 20-25%		M20	M10; M7
	до 64 Рр	Газ					M20	M10; M7

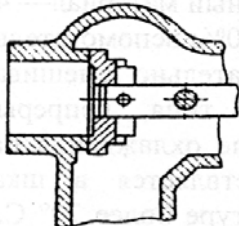
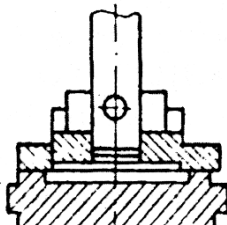
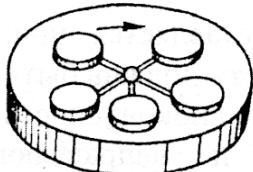
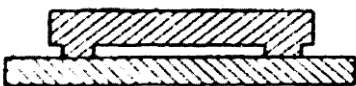
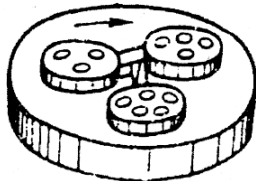
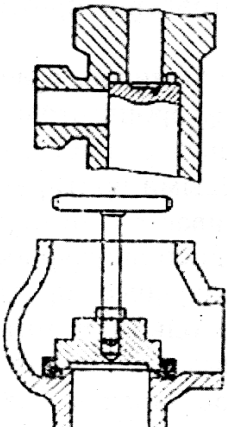
Таблица IV.4

Удельное давление притира на деталь при обработке различных материалов

Материал притираемой детали	Удельное давление, кгс/см ²		
	Предварительная притирка	Чистовая притирка	Доводка
Сталь	3-5	3-5	0,1-0,15
Бронза	1,5-3	1,5-3	0,1-0,15
Латунь	1,5-3	1,5-3	0,1-0,15

Таблица IV.5

Типовой технологический процесс притирки уплотнительных поверхностей

Эскиз притирки	Операция
	Предварительная и чистовая притирка уплотнительных поверхностей корпусов на притирочных станках
	Предварительная и чистовая притирка уплотняющей поверхности тарелок, дисков на притирочных станках
	Предварительная и чистовая притирка уплотнительной поверхности тарелок, дисков на притирочных столах
	Предварительная и чистовая притирка и доводка уплотнительной поверхности тарелок ручным способом
	Предварительная и чистовая притирка уплотнительной поверхности тарелок на притирочном столе
	Доводка уплотнительной поверхности корпусов ручным способом

В процессе притирки для контроля качества поверхности притирочную доводочную пасту удаляют хлопчатобумажной салфеткой, смоченной в уайт-спирите. Удельное давление притира на обрабатываемую поверхность выбирается в зависимости от марки материала и условий обработки по табл. IV.4. Типовой технологический процесс притирки приведен в табл. IV.5. После притирки детали промывают, проверяют на плоскостность по краске или на приборах, контролируют шероховатость обработанной поверхности. Шероховатость обработанной поверхности арматуры должна быть 9-го класса, поверхность имеет серовато-матовый оттенок.

Уплотнительные поверхности клапанов, обработанные до шероховатости 9 - 10-го классов, должны иметь блестящий или зеркальный оттенок.

Приготовление универсальной притирочной пасты. Паста готовится в такой технологической последовательности. На весах взвешивают составляющие пасты: абразивно-доводочный материал - 46 - 50%; стеарин - 8 - 10%; олеиновая кислота - 10 - 20%; вспомогательное вещество Оп-10 (Оп-7) - 20 - 25%. Затем все тщательно смешивают, смесь подогревают на электроплитке закрытого типа, непрерывно помешивая до образования однородной массы. После охлаждения паста готова к употреблению, подогрев пасты осуществляется в шкафу, оборудованном вытяжной вентиляцией, при температуре более 70° С. Не допускаются кипение и возникающие при этом всплески пасты.

По инструкции производится притирочная обработка уплотнительных поверхностей деталей из кислотостойких сталей X18H10T, OX18H10T, X18H9T, 1T17H2, X21Г7АН5; электротехнических Э12, Э10Ш, 16ХВТ, 2Х13; сплава ЮНДК; стеллитовых наплавов ВЗК. В качестве абразивного материала используются абразивные порошки типа Э с зернистостью М40, М28, М14, М10, М7, М5; пасты из синтетических алмазных микропорошков типа АСМ [2].

После механической обработки под притирку оставляется припуск 0,01 - 0,02 мм, шероховатость обработанной поверхности должна быть 6 - 7-го классов. Соосность, перпендикулярность, одноконусность и прямолинейность обработанных уплотнительных и направляющих поверхностей должна соответствовать требованиям чертежа. Перед притиркой обрабатываемую поверхность тщательно промывают бензином и просушивают до тех пор, пока пары растворителя не будут удалены.

Притиры изготавливаются из материалов более мягких, чем притираемые детали: из серого чугуна СЧ 18-36 (НВ 130 - 170), красной меди, бронзы, пластмасс, оптического стекла «Пирекс» и др. Твердость на отдельных участках рабочих поверхностей притира не должна превышать твердость материалов более чем на НВ 5 - 10. Из чугуна с неоднородной структурой, местной пористостью, газовыми или земляными раковинами, включением зерен цемента и с другими дефектами изготовление притиров не допускается.

Притирка плоских уплотнительных поверхностей золотников, седел и других деталей производится на плоских чугунных, фторопластовых и стеклянных притирах-плитах. Притирку уплотнительных плоских и конусных поверхностей в корпусах выполняют стержневыми притирами с цилиндрическими направляющими. Притиры изготавливают с помощью точного оборудова-

ния при обеспечении соосности, перпендикулярности, плоскостности рабочих частей и направляющих. Конусные притиры производят в комплекте «Притир - контрпритир» на одном и том же оборудовании совместно с партией деталей, подлежащих притирке. Предварительная обработка рабочей части притиров должна иметь шероховатость 6 - 7-го классов.

Плоские притиры из фторопласта толщиной 40 мм вырезают в виде круглых плиток D 80 - 100 мм, затем их закатывают роликом в стаканы из сплава АМ2-6 и подвергают механической обработке. Плоские притиры бывают круглыми (D 100 - 120 мм) и прямоугольными (100x100 и 100x120 мм). После механической обработки, шлифования плит до шероховатости 8 - 9-го классов на плоскошлифовальных станках до получения плоскостности рабочей поверхности 0,015 мм / 100 мм производят их притирку по методу трех плоскостей. Обработку по этому методу производят в следующем порядке: вначале притирают первую и вторую плиты друг к другу, затем - вторую с третьей и, наконец, третью с первой. На всех стадиях притирки должны быть соответственно первая, вторая и третья плиты.

Предварительную притирку отшлифованных плит производят порошком окиси алюминия (Al_2O_3) или электрокорундом белым в смеси с керосином, бензином. Абразивные порошки используют зернистостью М40-М28. Окончательную притирку каждого комплекта плит выполняют абразивным порошком той же зернистости, которая используется при обработке деталей в производстве.

Рекомендуется такая последовательность доводки комплекта из трех плит под притирку деталей пастой АСМЗ: предварительная притирка абразивным микропорошком электрокорунда белого ЭМ40, ЭМ28, ЭМ14, ЭМУ и окончательная притирка алмазной пастой АСМЗ. Перед началом притирки рабочую часть плит и кромки тщательно протирают чистой салфеткой, смоченной в бензине. На нижнюю плиту из масленки наносят тонкий слой дизельного топлива, затем по всей рабочей поверхности нижней плиты равномерно рассыпают абразивный порошок требуемой зернистости, после чего накладывают верхнюю плиту. При совместной притирке верхней плите придают движение типа «восьмерки», при этом периодически меняют положение нижней плиты. В процессе притирки не следует создавать вертикальных усилий, притирать следует за счет веса плит. Притирка плит должна осуществляться на специально оборудованном рабочем месте [7].

Рабочее место представляет собой стол жесткой конструкции с посадочным гнездом для установки плит. Стол должен быть выверен относительно плоскости посадочных мест по уровню. Во избежание «завалов» рабочей поверхности плит абразив, сдвинутый на край, необходимо периодически удалять марлей, смоченной в бензине. Продолжительность одного цикла притирки 1,5 - 2 мин, после чего плиты тщательно протирают и повторяют все приемы. Качество притирки плит контролируют по наличию равномерных перекрещивающихся рисок по всей рабочей поверхности и отсутствию пятен или «по краске» на контрольной плите. Если эти условия не выполнены, притирку необходимо продолжить. Произведенная по указанной методике притирка обеспечивает неплоскостность рабочих поверхностей плит в пределах 1 мкм и шероховатость поверхности 11 - 12-го классов.

В случае комплекта из трех совместно доведенных плит притирку деталей следует начинать на первой плите, а вторая и третья являются резервными. Для работы плиты необходимо установить на резиновые или войлочные подушки.

По окончании притирки деталей плиты следует промыть бензином Б70, насухо вытереть и укрыть специальными ящиками, проложенными изнутри бумагой. Резервные плиты необходимо хранить в специальном стеллаже.

Плоские стержневые притиры изготавливают следующим образом: после подрезки притиров до шероховатости 7-го класса их притирают на чугунных (или других мягких) притирочных плитах до шероховатости 8 - 10-го классов. Плоскостность рабочей поверхности притиров контролируют на контрольной плите «на краску» или с помощью интерференционных стекол.

Конусные притиры при изготовлении притирают друг по другу (притир по контрпритиру) до получения шероховатости 8 - 12-го классов. Доведенные притиры промывают в чистом бензине Б70, проверяют в комплекте «на краску».

После подрезки, шлифования и доводки перед работой притирочных плит стержневые, плоские и конусные притиры из чугуна должны быть проверены на отсутствие включений зерен цементита. Проверку производят следующим образом: предварительно притертую поверхность образца протирают чистой промасленной салфеткой, а притир - бензином или керосином. Притиром по образцу производят движения без нажима на притир, после чего поверхность образца протирают бензином. При обнаружении на поверхности образца штрихов или царапин притир подвергают повторной подрезке и доводке. Если после этого обнаруживаются производимые притиром штрихи и царапины, притир бракуют.

Притираемую поверхность деталей и рабочую поверхность притиров перед началом притирки и при смене притирочного материала тщательно промывают бензином или керосином и протирают насухо чистым ватным тампоном. При притирке плоских открытых поверхностей на притир (плиту) тонким слоем наносят притирочную пасту в трех-четырех местах. Шаржирование пасты в притир производят доведенным бруском (сплав ВК2) или на наплавленной стеллитом ВЗК стальной плите.

Притирку выполняют пастой, оставшейся на рабочей поверхности притира после шаржирования. При притирке конусных уплотнительных поверхностей пасту наносят на притир и шаржируют контрпритиром.

Давление при притирке должно соответствовать $0,2 - 0,8 \text{ кгс/см}^2$. Для притирки узких уплотнительных поверхностей шириной до 1 мм удельное давление принимают не более $0,04 \text{ кгс}$ на 1 см притираемой поверхности. Узкие уплотнительные поверхности притирать друг по другу не допускается.

Процесс притирки производится: возвратно-вращательным движением притира по притираемой поверхности (плоские и конусные седла в корпусах); круговым петлеобразным перемещением притираемой поверхности детали по притиру (открытые золотники и седла).

В первом случае следует производить поворот на $45 - 80^\circ$, а положение притира относительно детали менять так, чтобы каждая новая дуга делала перебеги против предыдущей на $10 - 20^\circ$.

Для обеспечения постоянной смазки и равномерного перемещения притирочной пасты на притираемой поверхности, кроме возвратно-вращательных или круговых петлеобразных движений, следует приподнимать притир или деталь через 1 - 2 оборота. Периодически следует производить тщательное удаление отработавшей пасты и повторное шаржирование.

При необходимости притирки деталей субмикронными пастами АСМ1; АСМ07, АСМ05 доведенную чугунную плиту обтягивают бязью или миткалем, пропитывают их пастой, затем выполняют притирку обычными приемами.

Контроль качества притирки производят в соответствии с требованиями чертежа и технических условий и осуществляют методом сравнения с эталоном посредством микроскопа при увеличении в 30 - 50 раз и испытанием на заданную герметичность притертых поверхностей. Плоскостность притертых поверхностей проверяют по эталону «на краску», нанесенную на поверхность тонким слоем 2 - 3 мкм, или с помощью пробных стекол по характеру полос интерференции.

При наличии плоских установочных баз, параллельных рабочей поверхности детали, ее плоскостность может быть проверена на вертикальном оптиметре типа ВК с точностью до 1 мкм.

Притирочные станки. Технические характеристики плоскопритирочных станков приведены в табл. IV.6.

Таблица IV.6

Техническая характеристика плоскопритирочных станков

Характеристика	Модель		
	СС4А	СС3	СС12
Количество шпинделей	1	2	3
Наибольший ход шпинделей, мм	320	220	220
Вылет шпинделей, мм	350	250	250
Расстояние от плоскости стола до торца шпинделя, мм	0 - 555	130 - 750	130 - 750
Вертикальное перемещение стола, мм	290	400	400
Размеры стола, мм	560x400	750x450	750x450
Частота вращения, об/мин	148,2 - 838,6	214,4 - 1255,7	214 - 1255,7
Подача, мм/об	0 - 14,6	0 - 13,5	0 - 13,5

Двусторонняя притирка уплотнительных поверхностей корпусов задвижек выполняется головкой, показанной на рис. IV.6. Боковые пазы в корпусе служат для установки задвижки; притиры самоустанавливаются на обрабатываемых поверхностях вследствие поджатия их пружиной с помощью пробки. Шарнирное соединение передает вращение от шпинделя станка к коническим шестерням, на которых свободно закреплены притиры; покачивание и реверс притиров осуществляются таким образом, что повороты притиров различны при прямом и обратном движениях. Траектория движения точек этих притиров близка к окружности, но качество даже выше, чем при односторонней притирке; производительность обработки при двусторонней притирке значительно выше.

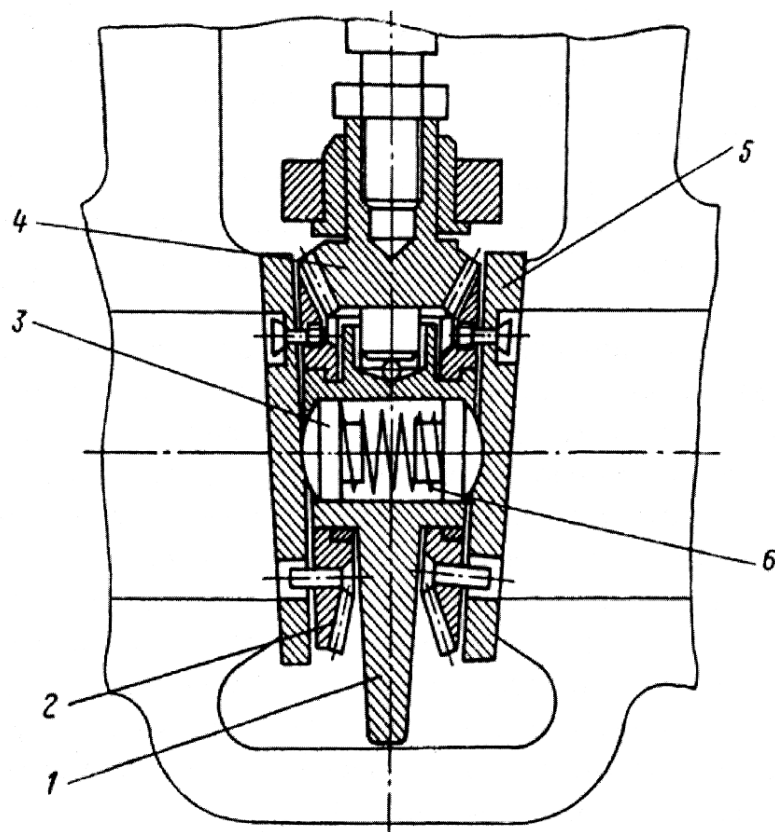


Рис. IV.6. Головка для одновременной притирки двух уплотнительных поверхностей в корпусе задвижки: 1 - корпус; 2 - пара конических шестерен; 3 - пробки; 4 - коническая шестерня; 5 - притиры; 6 - пружина.

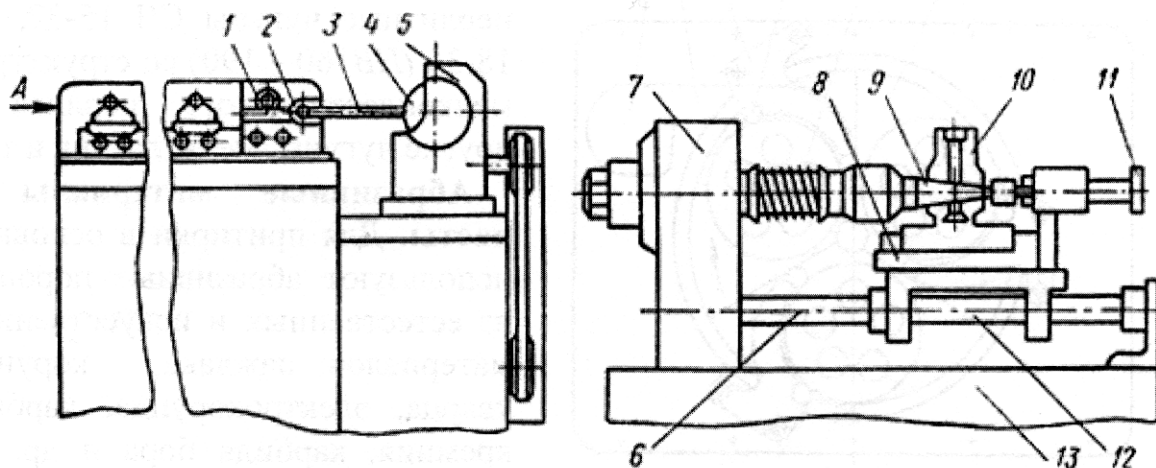


Рис. IV.7. Пятишпиндельный станок для притирки конических запорных отверстий: 1 - шпиндель; 2 - рейка; 3 - шатун; 4 - планшайба поводковая; 5 - редуктор; 6 - штырь; 7 - стойка; 8 - каретка; 9 - деталь-притир; 10 - деталь-корпус; 11 - винт; 12 - направляющие; 13 - станина.

На пятишпиндельном станке (рис. IV.7) производят совместную притирку конических уплотнительных запорных поверхностей кранов (корпусов и пробок), запорных конических поясков шпинделей к крышкам. Корпуса и крышки в процессе притирки остаются неподвижными, движение сообщается сопрягаемым деталям.

Шпиндели расположены в стойке, прикрепленной к станине, и отжимаются вперед пружиной до сцепления со специальной головкой, по направляющим передвигается каретка с приспособлением для установки корпусной обрабатываемой детали, штырь ограничивает движение каретки. С помощью специального винта устанавливается притираемая пара, когда оси шпинделя и обрабатываемых поверхностей совпадут. От привода через клиноременную передачу редуктор приводит в движение поводковую планшайбу, палец которой передает движение шатуну, а от него рейке, осуществляющей возвратно-поступательное движение. Рейка обуславливает реверсивное движение шестерни шпинделя, затем специальный механизм головки (на рисунке не показан) осуществляет осевое движение шпинделей с деталями-притирами. В момент отвода шпинделей станок останавливается.

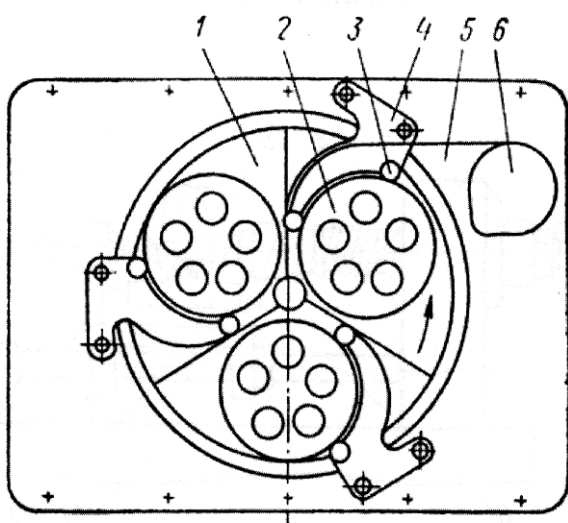


Рис. IV.8. Пятнадцатиместный станок для притирки плоских уплотнительных поверхностей: 1 - планшайба-притир; 2 - обоймы; 3 - ролики; 4 - кронштейны; 5 - трубопровод; 6 - бачок с абразивной массой.

На рис. IV.8 приведен многоместный станок для притирки плоских уплотнительных поверхностей. Детали устанавливаются в отверстия обойм, планшайба-притир с помощью клиноременной передачи и валов с шестернями начинает вращаться после включения электродвигателя, в результате трения обоймы наружными диаметрами прижимаются к роликам, у периферии и центра планшайбы имеет место разность моментов трения, поэтому детали в обоймах начинают вращаться и точки на притире движутся относительно детали по различным траекториям, в результате происходит процесс притирки. В процессе обработки абразивная масса из специального бачка по трубопроводу посту-

пает в зону притирки, а использованная масса сливается по стоку в бачок-сборник. Станина сверху имеет крышку, удерживаемую тремя кронштейнами. Притирочные станки оснащают рядом приспособлений для установки и крепления деталей. Силы резания в процессе притирки незначительны, вследствие чего крупные детали могут не закрепляться (в этом случае необходимы ориентирующие подставки), легкие же детали устанавливаются в зажимных приспособлениях. При обработке тяжелых деталей притирочные станки снабжают выкатными столами, передвигающимися на специальных каретках, и двухпозиционными столами. Притирочные станки перенастраивают для обработки корпусов, клиньев, используя клинья в качестве опор, устанавливаемых под шпинделем станка.

Таблица IV.7

Данные, характеризующие обрабатываемость материалов при притирке и доводке, и состав абразивных паст

Материал и твердость притираемых деталей	Характеристика материалов по обрабатываемости		Состав абразивных паст, %		
	При притирке	При доводке	Для предварительной притирки	Для окончательной притирки	Для доводки
Твердые сплавы, закаленные азотированные стали типа 38ХМЮА, HRC 60–66	Удовлетворительная	Высокая	Карбид бора (зернистость 10–6) 60, вазелин технический 38, парафин 2	Карбид бора (зернистость 4–3) 60, вазелин технический 38, парафин 2	Карбид кремния зеленый (зернистость М7–М5) 70, парафин 28, олеиновая кислота 2
Стеллит и прочие твердые сплавы HRC 48–58	Затрудненная	Удовлетворительная	Карбид кремния зеленый (зернистость 10–6) 70, стеарин 35, олеиновая кислота 5	Оксид хрома (зернистость 4–3) 70, стеарин 28, олеиновая кислота 2	Оксид хрома (зернистость М7–М5) 70, стеарин 28, олеиновая кислота 2
Стали 2Х13, 3Х13, Х14Н14В, 1Х14Н14В2М, 2Х18Н9 и неазотированная сталь 38ХМЮА	Удовлетворительная	Низкая	Электрокорунд белый (зернистость 10–6) 60, стеарин 35, олеиновая кислота 5	Оксид хрома (зернистость 4–3) 60, стеарин 35, олеиновая кислота 5	Оксид хрома (зернистость М7–М5) 60, стеарин 35, олеиновая кислота 5

Продолжение табл. IV.7

Материал и твердость притираемых деталей	Характеристика материалов по обрабатываемости		Состав абразивных паст, %		
	При притирке	При доводке	Для предварительной притирки	Для окончательной притирки	Для доводки
Сталь X18H25C2, HB 220–240	Затрудненная	При однофазной структуре (аустенит) низкая, при многофазной структуре затрудненная	Электрокорунд белый (зернистость 10–6) 60, стеарин 35, олеиновая кислота 5	Окись хрома (зернистость 4–3) 60, стеарин 35, олеиновая кислота 2	Окись хрома (зернистость М7–М5) 60, стеарин 35, олеиновая кислота 5
Чугун	Удовлетворительная	Низкая	Электрокорунд белый (зернистость 10–6) 60, стеарин 35, олеиновая кислота 5	Окись хрома (зернистость 4–3) 60, стеарин 35, олеиновая кислота 5	Окись хрома (зернистость М7–М5) 60, стеарин 35, олеиновая кислота 5
Бронза, латунь	Высокая	У бронзы высокая, у латуни удовлетворительная или низкая	Электрокорунд белый (зернистость 10–6) 60, стеарин 35, олеиновая кислота 5	Окись хрома (зернистость М7–М5) 60, стеарин 35, олеиновая кислота 5	Окись хрома (зернистость М7–М5) 60, стеарин 35, олеиновая кислота 5

Для отдельной притирки применяют шаржированные притиры. Клинья, тарелки, клапаны обрабатывают на вращающихся столах-притирах специальных станков, на многоместных станках. Уплотнительные поверхности корпусных деталей обрабатывают плоскими притирами; конические поверхности клапанов - коническими. Материалом для притиров являются феррито-перлитные, перлитные чугуны СЧ 15-32, СЧ 18-36 (*HB*160 - 190) со структурой мелкопластинчатого перлита и другие чугуны, медь, латунь и т. д.

Абразивные материалы и пасты. Для притирки в основном используют абразивные порошки из естественных и искусственных материалов: наждака, корунда, кварца, электрокорунда, карбида кремния, карбида бора и др. Из порошков готовят пасты, имеющие однородные размеры и форму зерен, твердость, механическую прочность, физические и химические свойства компонентов, химическую стойкость и воздействие на притираемую поверхность, вязкость, смазывающую способность, смываемость. Пасты перед притиркой разбавляют составами, состоящими из керосина, веретенного масла, графита, oleиновой кислоты, жидкого зеленого мыла и др.

Следует отметить, что материалы неодинаково обрабатываются притиркой и доводкой. Хорошо обрабатываются притиркой уплотнительные поверхности деталей из чугуна и бронзы, и хорошо доводятся поверхности деталей из твердого сплава, азотированной стали. В табл. IV.7 приведены рекомендации Михаэля С.Ю. и Бенина Л.А. по притирке и доводке уплотнительных поверхностей арматуры [6].

Промывка деталей после механической обработки и притирки. После механической обработки или притирки детали должны быть промыты от эмульсии, жиров, притирочных паст и прочих загрязнений. Промывка может быть осуществлена одним из следующих способов: уайт-спиритом на специально оборудованном участке, удовлетворяющем требованиям техники безопасности; щелочным раствором (кальцинированная сода 30⁺⁵ г/л; едкий натр 15⁺⁵ г/л; эмульгатор ОП-7: 4 - 5 г/л в моечной машине).

Температура рабочего раствора 65 - 70° С. Способ промывки выбирают в зависимости от материала или характеристики детали.

IV.3. СБОРКА И ИСПЫТАНИЕ ТОЧНЫХ УЗЛОВ

Запорные фланцевые вентили. Вентили состоят из золотника, шпинделя, корпуса, фланцев, крышек, колец, втулок, прокладок, набивки, сальника, маховика и крепежных деталей. Точной сопрягаемой парой является золотник - кольцо в корпусе. Детали пары дважды притираются в процессе сборки. Точность работы сопрягаемых поверхностей зависит от условий и характера сборки, поэтому дается описание всего типового технологического процесса.

После подбора деталей по комплектационной ведомости их укладывают на подвеску конвейера. Ряд деталей, таких как золотник со шпинделем, маховик, кольца, набивка, поставляются на участок сборки отдельно. Сняв с подвески крышку и установив ее на верстаке, ударом молотка производят обжатие

фаски с помощью специальной обжимки, затем крышку кладут на подвеску конвейера и там ввертывают от руки четыре шпильки в корпус на 1 - 2 нитки резьбы. Затем выполняют набивку сальниковой камеры крышки в специальном приспособлении, крышку перекалывают на подвеску конвейера. После этого в специальном приспособлении крышку собирают с резьбовой втулкой со штифтом, для чего сверлят отверстие под штифт, затем разворачивают. Подготовленный таким образом узел передается на операцию черновой притирки золотника и кольца в корпус. На плиту (табл. IV.8) притирочного станка КА9698-0014 наносят притирочную смесь, состоящую из шлифовального зерна (16 - 85% массы смеси) и олеиновой кислоты (15% массы смеси), устанавливают золотники и кольца в гнезда на плите станка, сверху на притираемые заготовки ставят грузики, включают станок и притирают контактирующие поверхности. По окончании притирки и получении шероховатости 8-го класса снимают грузики и заготовки со станка, заготовки промывают в щелочи (1%-ный раствор NaOH) и протирают уплотнительные поверхности салфеткой. После контроля ОТК производят чистовую притирку тех же поверхностей и по той же технологии до получения шероховатости 9-го класса на том же станке, но на плите, предназначенной для чистовой обработки. Притирочная смесь в этом случае состоит из микропорошка АМ-7 (85% массы смеси) и олеиновой кислоты (15% массы смеси).

Затем золотник в собранном узле завальцовывают со шпинделем на резьбонакатном станке GWR80, при этом обеспечивается легкое качание и вращение золотника в шпинделе. Шпиндель в сборе с золотником закрепляют в специальном приспособлении и ввертывают в крышку, также установленную в приспособлении, с помощью пневмопатрона с зажимной цангой. С помощью молотка в специальном приспособлении с оправкой укладывают набивку в сальниковую камеру. Далее собирают крышку с анкерными болтами, корпус со шпильками, корпус с кольцом. Для сборки корпуса и крышки берут корпус и крышку с подвески конвейера, устанавливают корпус в специальное приспособление, вкладывают в выточки прокладку, крышку в сборе надевают на шпильки корпуса, последовательно наворачивают четыре гайки на шпильки на 1 - 2 нитки от руки, завертывают гайки до конца гайковертом, поджимают гайки равномерно ключом, без перекоса соединяемых деталей. После этого производят испытание вентиля на прочность материала, герметичность сальниковой набивки и прокладочных соединений по специальной технологии.

Следующей операцией является испытание вентиля на герметичность верхнего уплотнения и затвора, при этом вращением маховика устанавливают шпиндель в верхнее положение, закрывают капельник, подают воду под давлением $P_y = 64 \text{ кгс/см}^2$; проверяют герметичность верхнего уплотнения с выдержкой, обеспечивающей оценку герметичности, понижают давление воды, открывают капельник и опускают золотник в нижнее крайнее положение. Под давлением $P_y = 64 \text{ кгс/см}^2$ проверяют герметичность затвора с выдержкой, обеспечивающей оценку герметичности. Испытания производят при двухкратном закрытии уплотнения и затвора, пропуск воды и смазки уплотнительных поверхностей не допускают, понижают давление воды, снимают вентиль со стенда. Далее собирают вентиль с маховиком, вентиль с двумя фланцами, для чего об-

жимают разрезное кольцо молотком, затем ответным фланцем с паронитовой заглушкой закрывают проход вентиля и отправляют его на склад готовой продукции.

Таблица IV.8

Технологическая карта
сборки и испытания точных узлов запорного фланцевого вентиля для арматуры
химического и нефтяного машиностроения (фрагмент)

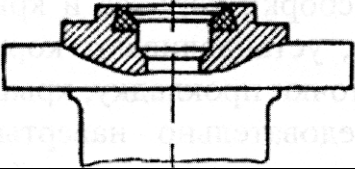
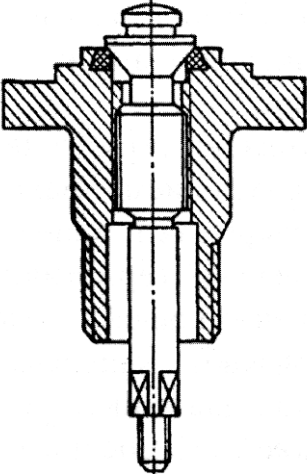
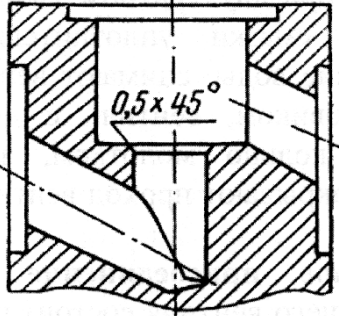
Эскиз	Операция
	Черновая и чистовая притирки золотника с кольцом в корпусе
	Сборка золотника со шпинделем
	Сборка корпуса с кольцом в корпусе
	Сборка вентиля с фланцем

Регулирующий клапан под фланцевое присоединение для аммиака.

Типовой процесс сборки регулирующего клапана состоит из 15 операций; в настоящем же параграфе обращено особое внимание только на операции, обеспечивающие выполнение высокой точности и необходимой гидравлической плотности узлов.

Таблица IV.9

Технологическая карта сборки и испытания регулирующего клапана под фланцевое присоединение для аммиака (фрагмент)

Эскиз	Операция
	Слесарная, обжатие баббитового уплотнения
	Слесарная, сборка крышки со шпинделем
	Слесарная, обжатие уплотнения корпуса
	Слесарная, сборка корпуса с крышкой

В состав типового узла входят 13 основных деталей: стальные - корпус, золотник, крышка, шпиндель, фланец, гайки, шайбы, шпильки, сальник; чугунный маховик; баббитовое кольцо; паронитовая прокладка; асбестовый шнур.

Крышку ставят на стол и вручную молотком массой 200 г производят обжатие баббитового уплотнения, затем производят 100%-ный контроль качества и испытания на герметичность. Шпиндель вентиля закрепляют в цанге токарного станка А-1582, крышку устанавливают на специальной подставке на том же станке. Подставку с крышкой подводят до входа шпинделя в отверстие крышки, включают станок, шпиндель ввертывается в крышку, после этого крышку снимают со станка и укладывают на ленту конвейера (табл. IV.9).

Следующей операцией является обжимка уплотнения корпуса, для чего он устанавливается на стол и с помощью специальной обжимки и молотка массой 200 г калибруется уплотнительная поверхность $0,5 \times 45^\circ$ до шероховатости 8-го класса. Затем заготовка проходит 100%-ный контроль ОТК, окончательный контроль качества посредством испытания на заданную герметичность зазора.

Для сборки корпус со шпильками ставят в специальное приспособление, укладывают прокладку в выточку корпуса, берут крышку в сборе со шпинделем и надевают золотник на головку шпинделя, затем узел крышки с золотником надевают на шпильки корпуса, наворачивают на шпильки четыре гайки на одну-две нитки резьбы от руки, с помощью пневмогайковерта завертывают гайки до упора. Вентиль в сборе испытывают воздухом, для чего, вывернув шпиндель в крайнее положение (предварительно поставив сальник), поднимают ванну с водой. Под давлением воздуха $P_p = 25 \text{ кГс/см}^2$ проверяют герметичность уплотнения с выдержкой, обеспечивающей оценку герметичности (не менее 1 мин). Затем давление снимают. После проверки ОТК вентиль промывают и ставят клеймо. Испытание производят два раза, пропуск воздуха не допускается, в ванну с водой следует добавить 30 г/л нитрита натрия.

После испытания вентиль собирают с накидной гайкой, устанавливают на стол, надевают поднабивное кольцо на шпиндель и опускают его в камеру крышки, затем набивку вручную навивают на шпиндель и обжимают ее ударами молотка и оправки, надевают сальник на шпиндель и накидную гайку наворачивают на 1 - 2 нитки резьбы от руки. Вентиль кладут на подставку токарного станка А-1595 и подводят его до входа накидной гайки в ключ, включают станок и наворачивают гайку. Съёмным маховиком производят опробование вентиля на легкость хода вручную и на отсутствие заеданий шпинделя и золотника при трехкратном подъеме и опускании золотника на весь ход шпинделя.

После этого испытывают сальник водой, для чего вентиль устанавливают на стенде и закрепляют (с заглушкой на выходном проходе), золотник ставят в среднее положение, заполняют внутреннюю полость корпуса водой с полным вытеснением воздуха. Под давлением $P_p = 38 \text{ кГс/см}^2$ проверяют прочность и плотность материала корпуса и крышки с выдержкой, обеспечивающей оценку герметичности (не менее 2 мин). Понижают давление воды, производят контроль ОТК. Снимают заглушку с верхней цапки и закрепляют вентиль, закрывают золотник до отказа. Под давлением воды $P_p = 25 \text{ кГс/см}^2$ проверяют герме-

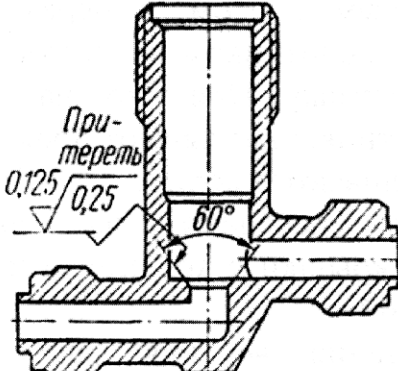
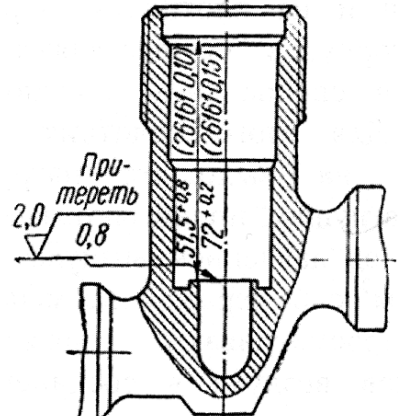
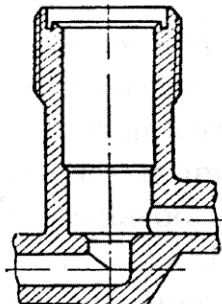
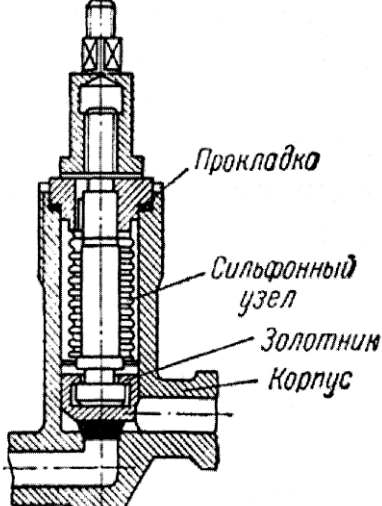
тичность затвора при трехкратном подъеме и опускании затвора и выдержке не менее 2 мин. Допускается пропуск воды 50 капель в минуту. После 100%-ного контроля ОТК снимают давление, ставят клеймо. Затем производят испытание вентиля воздухом на прочность материала. Вентиль закрепляют на стенде с заглушкой в выходном проходе, золотник ставят в среднее положение, поднимают ванну. Под давлением воздуха $P_p=25$ кГс/см² проверяют прочность и плотность материала, герметичность сальниковой набивки и прокладочных соединений с выдержкой, необходимой для тщательного осмотра. Контролю ОТК подвергается 10% деталей партии. Понизив давление, закрывают затвор вентиля, ставят клеймо. Затем собирают вентиль с гайками и шпильками, производят фосфатирование в электростатическом поле изделия в подвешенном состоянии, покраску, сборку вентиля с маховиком и гайками, передают вентиль в ОТК.

Сильфонный вентиль. После подготовительных работ производят притирку фаски корпуса. Предварительно тщательно промывают, собирают (табл. IV.10) горловины корпуса и притир, наносят на притир тонкий слой абразивной черновой смеси, состоящей из электрокорунда нормального № 3 - 4, олеиновой кислоты или сульфифрезола, притирают фаски корпуса до шероховатости 8-го класса. Снова промывают, протирают горловину корпуса и притир, наносят на притир тонкий слой абразивной чистовой смеси, состоящей из электрокорунда белого М20, олеиновой кислоты или сульфифрезола, притирают фаску корпуса до шероховатости 9-го класса, промывают, обтирают горловину корпуса и притир.

Затем выполняют операцию притирки площадки корпуса. Промывают, обтирают площадку корпуса и притир с использованием уайт-спирита и салфетки; наносят на уплотнительную поверхность притира тонкий слой черновой абразивной смеси, состоящей из электрокорунда нормального № 3 - 4, олеиновой кислоты или сульфифрезола; притирают площадку корпуса до шероховатости 8-го класса; промывают, обтирают площадку корпуса и притир. На уплотнительную поверхность притира наносят тонкий слой чистовой абразивной смеси, состоящей из электрокорунда белого М20, олеиновой кислоты или сульфифрезола, притирают площадку корпуса до шероховатости 9-го класса, промывают, обтирают площадку корпуса и притир. После нанесения на уплотнительную поверхность притира тонкого слоя доводочной абразивной смеси, состоящей из электрокорунда белого М10-М7, олеиновой кислоты или сульфифрезола, притирают площадку корпуса до шероховатости 10-го класса, промывают и протирают площадку корпуса. При использовании олеиновой кислоты после притирки заготовку промывают в щелочи (1%-ный раствор NaOH) для нейтрализации кислоты.

Следующей операцией является притирка уплотнительной поверхности корпуса. Для этого корпус устанавливают на специальную подставку, наносят на поверхность притира тонкий слой пасты, состоящей из электрокорунда нормального № 3 - 4, олеиновой кислоты или сульфифрезола, опускают притир в корпус и притирают его уплотнительную поверхность. После этого промывают корпус в щелочи, уплотнительную поверхность его тщательно протирают салфеткой. Далее выполняют обдирку, зачистку площадки и маркировку корпуса,

Технологическая карта
 сборки сифонного вентиля для химического и нефтяного машиностроения
 (фрагмент)

Эскиз	Операция
	Притирка фаски корпуса
	Притирка площадки корпуса
	Притирка уплотнительной поверхности корпуса
	Сборка корпуса с сифонным узлом, золотником, прокладкой

сборку переходной втулки с винтом, сильфона с направляющей втулкой, шпонкой, шпинделем, испытание сильфона и корпуса на плотность и прочность материала. Сборку сильфонного узла с кольцом, уплотнительным винтом, с переходной втулкой, шпонкой, с резьбовой втулкой, с золотником и прокладкой производят после установки корпуса на подставку. При этом на конец шпинделя с сильфонным узлом надевают золотник, укладывают прокладку в выточки корпуса, сильфонный узел устанавливают в корпус. Собранный комплект передают на сборку корпуса крышки с кольцом, вентиля со стойкой.

Испытание вентиля на герметичность соединения корпуса с крышкой и на плотность сварных швов корпусов осуществляют на стенде в специальном приспособлении. Для этого золотник поднимают, на выходной патрубок ставят заглушку, поднимают ванну с водой. Под давлением воздуха $10 - 25 \text{ кГс/см}^2$ с выдержкой не менее 3 мин просматривают появление пузырьков воздуха в соединениях корпуса с крышкой, в сварных швах, затем снимают давление воздуха и опускают ванну с водой. По техническим условиям испытание на герметичность производится при подаче воздуха под золотник, пропускание воздуха в указанных выше местах не допускается. Аналогичным образом производят и испытание на герметичность затвора, но при трехкратном открывании и закрытии вентиля от электропривода и вручную. В ванну с водой добавляют 30 г/л нитрита натрия. Вентили, предназначенные для работы в вакууме, выполняются с уплотнением затворов из вакуумной резины; испытания производятся теческателью при начальном вакууме не менее $5 \cdot 10^{-3} \text{ мм рт. ст.}$; вакуумная плотность определяется в затворе по отношению к внешней среде. После контроля ОТК (100% узлов) собираются вентиль с шарнирной муфтой, конической передачей и электроприводом.

ГЛАВА V

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ КАРБЮРАТОРОВ И БЕНЗОНАСОСОВ

V.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Рассмотрим технологические процессы изготовления оси дроссельных заслонок и корпусных деталей, а также обработки глубоких отверстий малого диаметра и удаления заусенцев на корпусных деталях.

Оси дроссельных заслонок. Технологический процесс изготовления осей дроссельных заслонок карбюратора K126H на полуавтоматической линии «Фимат» (Италия) приведен в табл. V.1.

Линия состоит из двух станков. На первом станке-автомате, обеспечивающем обработку прутка длиной 3894 мм, в цилиндрической заготовке фрезеруют два паза, сверлят два отверстия под резьбу, фрезеруют прорезь, рассверливают два отверстия с одной стороны до выхода сверла в прорезь, нарезают резьбу М3 в двух отверстиях, после чего фрезеруют прорезь заданного размера с другой стороны, зачищают заусенцы и отрезают деталь. На втором станке-полуавтомате поочередно протачивают концы детали заданного размера, снимают фаски $1 \times 45^\circ$, нарезают резьбу М6 на одном конце и М8 на другом, фрезеруют заплечики 4,15 и 4 мм с одной стороны и 6,15 и 5,9 мм - с другой. Окончательную обработку оси производят на бесцентрово-шлифовальном станке, где за две операции шлифуют наружный диаметр.

Полуавтоматическая линия позволяет производить обработку деталей с высокой производительностью - около 120 деталей в 1 час.

Корпусные детали. Обработка корпусных деталей карбюраторов и бензонасосов представляет значительные трудности вследствие сложности их конструкции, а также наличия большого количества подлежащих обработке поверхностей с точными допусками. Технологические процессы обработки корпусных деталей аналогичны и базируются преимущественно на использовании агрегатных станков. В табл. V.2 приведена технологическая карта изготовления наиболее характерной корпусной детали: корпуса смесительных камер двухкамерного автомобильного карбюратора K126H.

Заготовку крышки поплавковой камеры из сплава ЦАМ4-1 получают методом литья под давлением на литейных машинах фирмы «Поллак» (Чехословакия). Механическую обработку выполняют в основном на агрегатных станках. Первая и вторая агрегатные операции включают в себя сверление отверстий и нарезание резьбы, затем на вертикально-сверлильном станке сверлят три отверстия, после чего опять на агрегатном станке сверлят отверстия и нарезают резьбу. Всего в процессе трех агрегатных операций выполняют 18 переходов с использованием различных инструментов. В дальнейшем обрабатывают гладкие отверстия и с резьбой, расположенные в труднодоступных местах, на вертикально-сверлильных и резьбонарезных станках, моют детали и подвергают их

ГЛАВА V

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ КАРБЮРАТОРОВ И БЕНЗОНАСОСОВ

V.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Рассмотрим технологические процессы изготовления оси дроссельных заслонок и корпусных деталей, а также обработки глубоких отверстий малого диаметра и удаления заусенцев на корпусных деталях.

Оси дроссельных заслонок. Технологический процесс изготовления осей дроссельных заслонок карбюратора K126H на полуавтоматической линии «Фимат» (Италия) приведен в табл. V.1.

Линия состоит из двух станков. На первом станке-автомате, обеспечивающем обработку прутка длиной 3894 мм, в цилиндрической заготовке фрезеруют два паза, сверлят два отверстия под резьбу, фрезеруют прорезь, рассверливают два отверстия с одной стороны до выхода сверла в прорезь, нарезают резьбу М3 в двух отверстиях, после чего фрезеруют прорезь заданного размера с другой стороны, зачищают заусенцы и отрезают деталь. На втором станке-полуавтомате поочередно протачивают концы детали заданного размера, снимают фаски $1 \times 45^\circ$, нарезают резьбу М6 на одном конце и М8 на другом, фрезеруют заплечики 4,15 и 4 мм с одной стороны и 6,15 и 5,9 мм – с другой. Окончательную обработку оси производят на бесцентрово-шлифовальном станке, где за две операции шлифуют наружный диаметр.

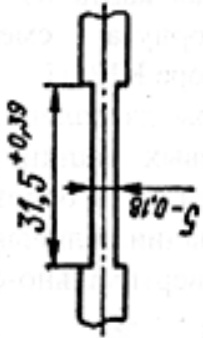
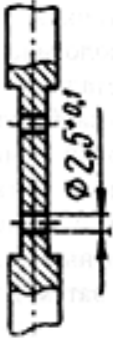
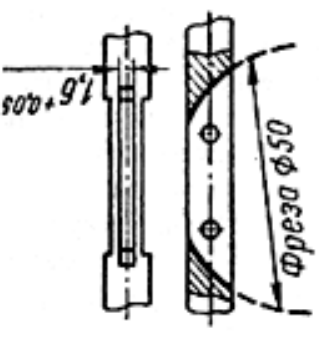
Полуавтоматическая линия позволяет производить обработку деталей с высокой производительностью – около 120 деталей в 1 час.

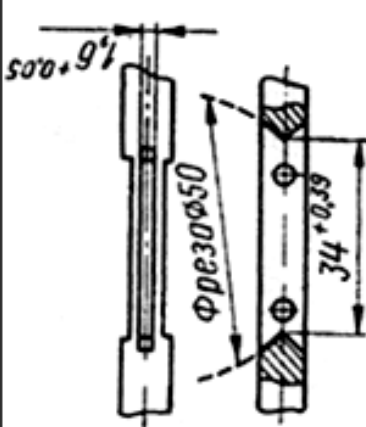
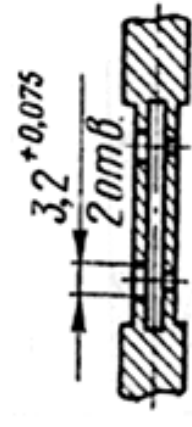
Корпусные детали. Обработка корпусных деталей карбюраторов и бензонасосов представляет значительные трудности вследствие сложности их конструкции, а также наличия большого количества подлежащих обработке поверхностей с точными допусками. Технологические процессы обработки корпусных деталей аналогичны и базируются преимущественно на использовании агрегатных станков. В табл. V.2 приведена технологическая карта изготовления наиболее характерной корпусной детали: корпуса смесительных камер двухкамерного автомобильного карбюратора K126H.

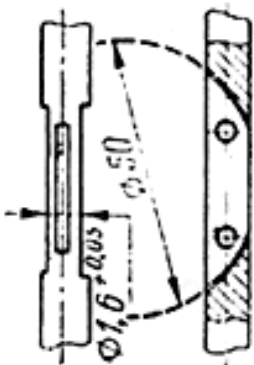
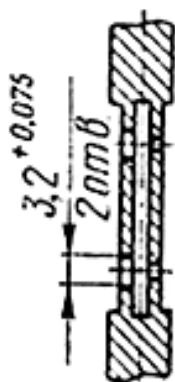
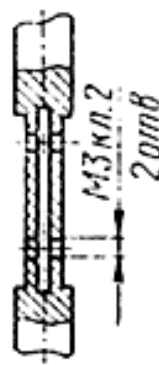
Заготовку крышки поплавковой камеры из сплава ЦАМ4-1 получают методом литья под давлением на литейных машинах фирмы «Поллак» (Чехословакия). Механическую обработку выполняют в основном на агрегатных станках. Первая и вторая агрегатные операции включают в себя сверление отверстий и нарезание резьбы, затем на вертикально-сверлильном станке сверлят три отверстия, после чего опять на агрегатном станке сверлят отверстия и нарезают резьбу. Всего в процессе трех агрегатных операций выполняют 18 переходов с использованием различных инструментов. В дальнейшем обрабатывают гладкие отверстия и с резьбой, расположенные в труднодоступных местах, на вертикально-сверлильных и резьбонарезных станках, моют детали и подвергают их

Таблица V.1

Технологическая карта изготовления левой оси
дроссельной заслонки K126H-121B

Эскиз	Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Измерительный инструмент
-	Автоматная. Подрезать конец прутка, выдержав размер 3894 мм	Автоматическая линия "Агрегат - С-С" (Италия)	-	-
	Фрезеровать два паза шириной 31,5 мм, выдержав размер 5 мм (одновременно обрабатываются две детали)		Фреза трехсторонняя цилиндрическая	Шаблон, скоба
	Сверлить два отверстия D 2,5 мм под резьбу М3, выдержав l=19 мм (одновременно обрабатываются две детали)		Сверло	Калибр, специальный калибр
	Фрезеровать прорезь шириной 1,6 мм в 1-й детали		Фреза шлицевая	Щуп

Продолжение табл. V.1					
Эскиз	Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Измерительный инструмент	
	Фрезеровать прорезь с другой стороны шириной 1,6 мм, выдержав размер 34 мм во 2-й детали	Автоматическая линия "Агрегат - C - C" (Италия)	Фреза шлицевая	Щуп, шаблон	
	Отрезать деталь в размер 85 мм		Резец отрезной	Скоба	
	Агрегатная (одновременно обрабатываются две детали). Снять обработанные детали, установить и закрепить две детали	Полуавтомат, агрегат "Е"	—	—	

Эскиз	Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Измерительный инструмент
	Фрезеровать прорезь шириной 1,6 мм во 2-й детали	Автоматическая линия “Агрегат – С – С” (Италия)	Фреза шлицевая	Шуп
	Расверлить два отверстия D 2,5 мм до D 3,2 мм на проход в прорезь (одновременно обрабатываются две детали)		Сверло	Калибр
	Нарезать резьбу M3 на проход в двух отверстиях (одновременно обрабатываются две детали)		Метчик	Резьбовой калибр

Продолжение табл. V.1

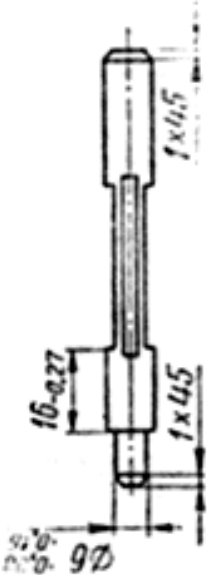
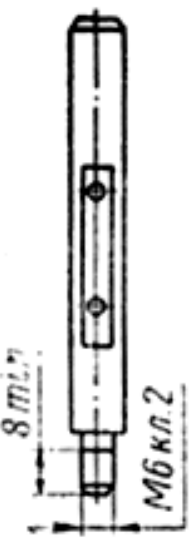
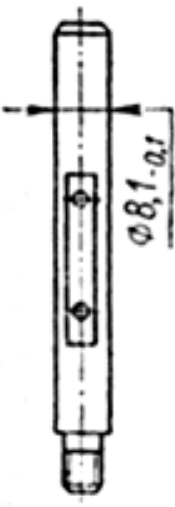
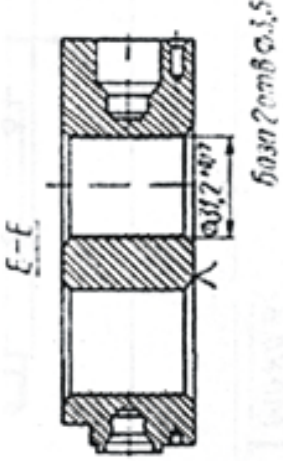
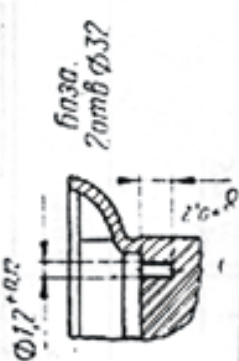
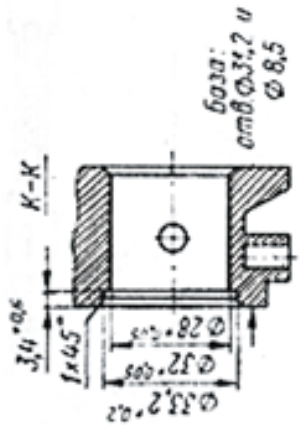
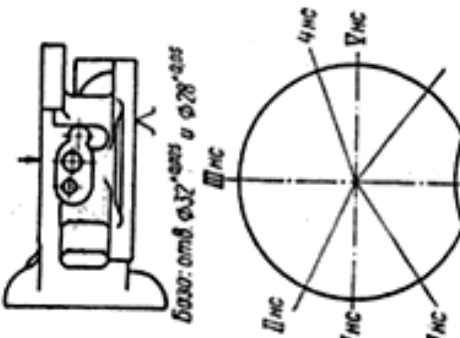
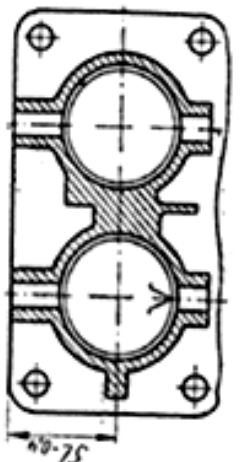
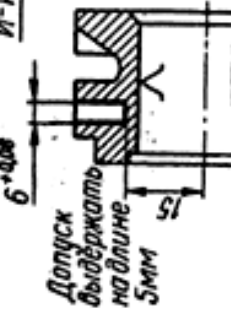
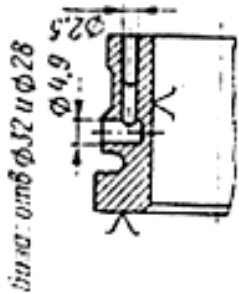
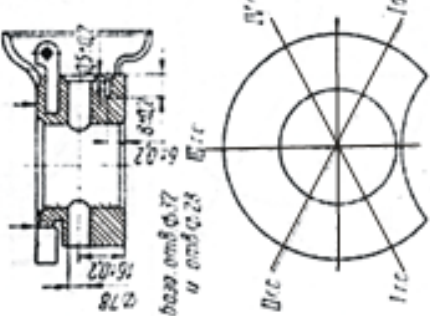
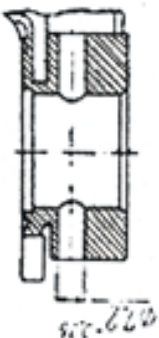
Эскиз	Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Измерительный инструмент
	Проточить один конец оси до D 6 мм и сделать фаски с двух сторон детали	Полуавтомат, агрегат "Е"	Резец проходной, резец фасочный	Скоба, шаблон
	Нарезать резьбу M6 на длину 8 мм		Дерка	Резьбовое кольцо
	Шлифовальная шлифовать наружный диаметр до 8,1 мм	Бесцентровошлифовальный станок фирмы "Цинциннати"	Шлифовальный круг	Скоба

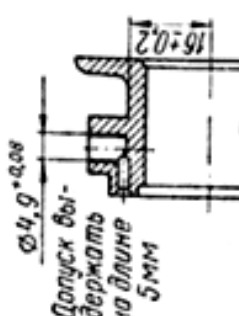
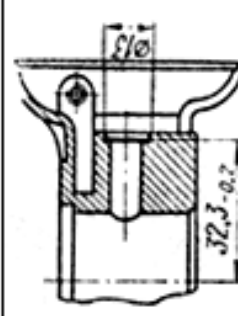
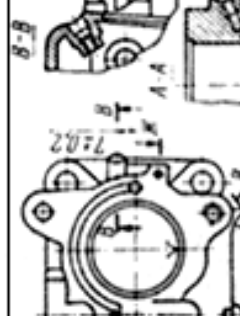
Таблица V.2

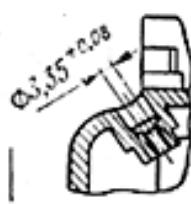
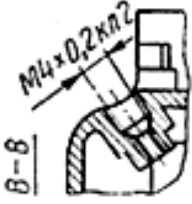
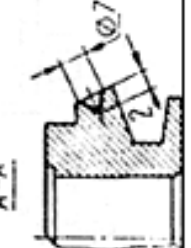
Технологическая карта изготовления корпуса смесительных камер

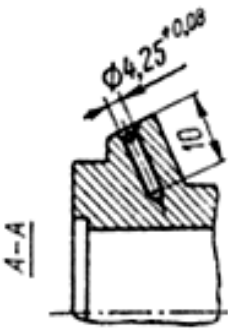
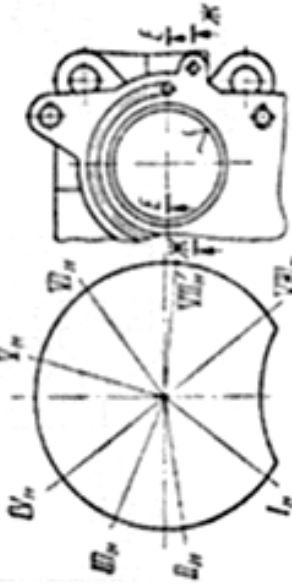
Эскиз	Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Измерительный инструмент
—	Заготовительная Отлить деталь	Литейная машина	—	—
	Сверлильная Зенкеровать отверстие D 31,2 мм на проходе	Специальный вертикально-сверлильный станок с силовой головкой	Зенкер	Калибр
	Сверлильная Сверлить два отверстия D 1,2 мм на глубину 8 мм	Настольно-сверлильный станок ОС2-15	Сверло	—
	Расточная Расточить две горловины D 32 мм и две горловины D 28 мм. Расточить четыре отверстия D 33,2 мм на глубину 3,4 мм с одновременным снятием фаски 1x45°	Специальный расточной станок 2A710	Резец	Калибр

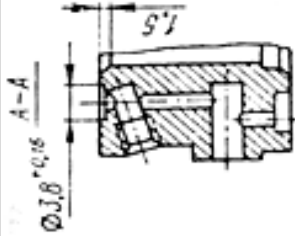
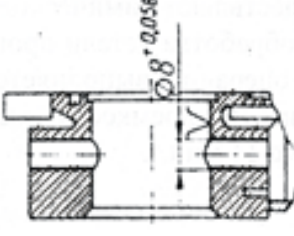
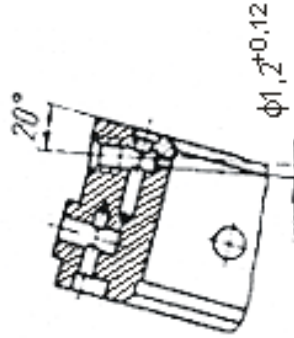
Эскиз	Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Измерительный инструмент
	Агрегатная	Агрегатный станок ХА3764		
	Торцевать две бо- бышки одновременно но до 32 мм		Цековка	Комплексный калибр
	Рассверлить отвер- стие D 6 мм с под- торцовкой доньшка до 15 мм		Специальное сверло	Калибр, ком- плексный ка- либр

Эскиз	Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Измерительный инструмент
	Сверлильная Сверлить отверстие D 2,5 мм на проход	Настольно-сверлильный станок ОС2-15	Сверло	Калибр
	Агрегатная	Агрегатный станок ХА3765		
	Сверлильная Сверлить отверстие D 7,2 мм на проход			

Эскиз	Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Измерительный инструмент
	Рассверлить отверстие $D 4,9$ мм с подторцовкой доньшка до 16 мм. Рассверлить отверстие $D 4,9$ мм с подторцовкой доньшка до 18 мм	Агрегатный станок ХА3765	Специальное сверло	Калибр, комплексный калибр
	Подрезать торец бобышки $D 13$ мм до $32,3$ мм. Подрезать торец 2-й бобышки $D 13$ мм до $32,3$ мм с одновременным снятием прилива по $R 10$		Цековка	
	Подрезать торец бобышки $D 13$ мм до $32,3$ мм. Подрезать торец 2-й бобышки $D 13$ мм до $32,3$ мм с одновременным снятием прилива по $R 10$	Агрегатный станок ХА3766	—	—
	Агрегатная	Агрегатный станок ХА3766	—	—

Эскиз	Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Измерительный инструмент
	Сверлить отверстие D 4,5 мм под углом 30°	Агрегатный станок ХА3766	Сверло	Калибр
	Сверлить отверстие D 3,35 мм под резьбу М4 на проход			
	Нарезать резьбу М4 под углом 30° на проход		Метчик	Резьбовой калибр
	Центровать под углом 20° до D 7 мм под резьбу М5		Сверло	—

Эскиз	Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Измерительный инструмент
	Сверлить отверстие D 4,25 мм под резьбу M5 на длину 10 мм	Агрегатный станок ХА3766	Сверло	Калибр
	Торцевать дно в отверстие D 4,25 мм до 13 мм		Специальное сверло	Глубиномер
	Нарезать резьбу M5 на глубину 9 мм		Метчик	Сверло
	Агрегатная	Агрегатный станок ХА3768		

Эскиз	Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Измерительный инструмент
	<i>Сверлильная</i> Рассверлить отверстие D 3,8 мм на длине 1,5 мм	Настольно-сверлильный станок KC12	Ценковка	Глубиномер
	<i>Сверлильная</i> Калибровать два отверстия D 8 мм	Вертикально - сверлильный станок	Развертка	Калибр
	<i>Сверлильная</i> Сверлить отверстие D 1,2 мм под углом 20° на проход	Вертикально – сверлильный двухшпиндельный станок C25	Сверло	Калибр
	<i>Продувочная</i> Продуть деталь сжатым воздухом	Продувочная машина “Денкарз”	–	–

контролю. Заготовку корпуса смесительных камер из сплава Ал9В также получают литьем под давлением. Механическую обработку начинают с зенкерования отверстия $D\ 31,2$ мм, которое в дальнейшем используется как база.

После сверления двух отверстий $D\ 1,2$ мм производят ответственную операцию растачивания двух отверстий $D\ 32^{+0,05}$ мм, двух отверстий $D\ 28^{+0,05}$ мм и четырех отверстий $D\ 33,2^{+0,02}$ мм на алмазно-расточном станке 2А710.

В дальнейшем на агрегатном станке торцуют две бобышки и рассверливают два глухих отверстия $D\ 6^{+0,08}$ мм, на сверлильном станке сверлят отверстие $D\ 2,5$ мм, после чего на четырех агрегатных станках последовательно сверлят и центруют 12 различных отверстий, подрезают четыре торца, нарезают резьбу в четырех отверстиях со всех сторон детали.

Важной является операция растачивания восьми отверстий $D\ 8^{+0,058}$ мм, которую выполняют на алмазно-расточном станке ХСЗ с двусторонним расположением головок. После снятия заусенцев на сверлильных станках сверлят оставшиеся отверстия, моют и контролируют детали. Механическая обработка одной детали весьма трудоемка и занимает около 10 мин.

Технологический процесс изготовления корпуса поплавковой камеры аналогичен. Заготовку из сплава ЦАМ4-1, полученную литьем под давлением, вначале подвергают фрезерованию по плоскости для создания технологической базы. После зачистки заусенцев производят обработку отверстий, торцевание бобышек, нарезание резьб на специальных агрегатных станках. Затем на пневматическом прессе запрессовывают втулку, сверлят два отверстия $D\ 5,5$ мм под углом 20° на вертикально-сверлильном станке и опять на специальных агрегатных станках производят сверление, развертывание отверстий, торцевание бобышек и нарезание резьбы. Значительные трудности представляет сверление глубоких отверстий, например отверстия $D\ 2,1$ мм на глубину 35 мм. Во избежание поломок сверл занижают режимы обработки.

После снятия заусенцев и сверления отверстия $D\ 0,65$ мм детали моют, тщательно продувают все отверстия и полости для очистки от стружки, подвергают контролю и осуществляют химическое пассивирование.

Таким образом, основная обработка детали производится на агрегатных станках, на которых за 10 операций выполняется свыше 50 переходов различными инструментами. Трудоемкость механической обработки одной детали составляет около 11 мин.

Обработка глубоких отверстий малого диаметра в корпусных деталях. Сверление глубоких отверстий $D\ 2,4—5$ мм длиной 30 мм в корпусных деталях карбюраторов и бензонасосов, изготавливаемых из цинковых сплавов, обычно производят на агрегатных станках пушечными сверлами при частоте вращения 3000 - 3500 об/мин и подаче 0,025 мм/об. Попытки интенсифицировать процесс путем увеличения подачи не дали положительных результатов вследствие поломки инструмента, а также трудностей, связанных с удалением стружки.

С целью повышения производительности труда и стойкости инструмента проведены исследования по осуществлению процесса сверления пушечными сверлами (рис. V.1), которым сообщалась осевая вибрация. Наличие осевых

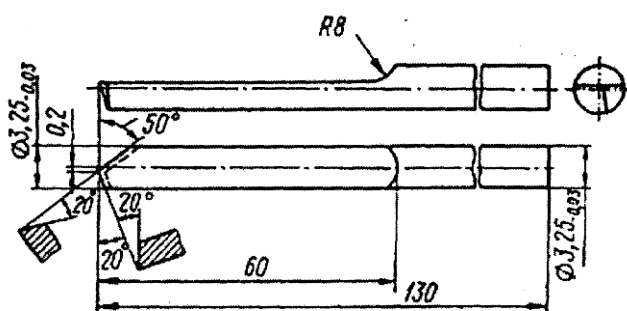


Рис. V.1. Пушечное сверло для сверления глубоких отверстий в деталях из цинко-алюминиевых сплавов.

ля мощностью 0,5 кВт, закрепленного на корпусе 1 силовой головки, через ременную передачу на вал 2, который посредством шестерен 3 и 4 передает вращательное движение двум виброшпинделям 6, 7, установленным в специальном корпусе 5. Осевые вибрации шпинделей, а следовательно, и закрепленных в них сверл 8 обеспечиваются наличием специальных шайб 9, на торцевой поверхности которых имеются специальные углубления (лыски). Количество лысок определяет число вибраций шпинделя за один оборот, а их глубина - амплитуду вибраций.

Исследования проводились с использованием пушечных сверл D 2,5 мм. Частота вращения виброшпинделей изменялась от 3700 до 4200 об/мин, что соответствует скорости резания 30 - 35 м/мин, подача сверл составляла 33 - 80 мкм/об. Смазочно-охлаждающая жидкость (эмульсия) подавалась в зону резания самотеком.

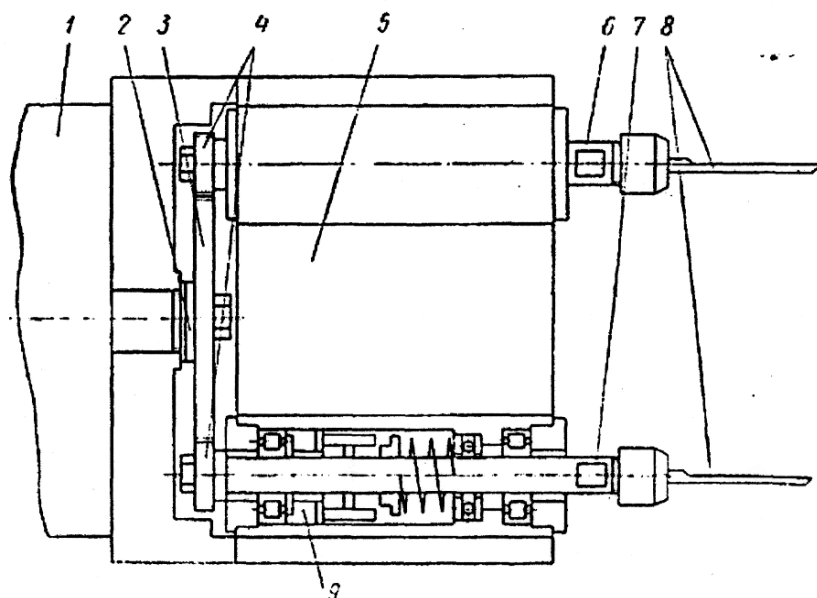


Рис. V.2. Агрегатный станок ХА3764 для вибросверления отверстий в деталях карбюраторов.

димости дробления стружки число вибраций принято равным двум, амплитуда вибраций - 0,06 мм.

вибраций инструмента позволяет обеспечить дробление стружки, что, особенно большое значение имеет при сверлении глубоких отверстий в деталях из вязких материалов.

Исследования проводились на модернизированной силовой головке агрегатного станка модели ХА3 7 64, в которой были установлены два вибросверлильных шпинделя (рис. V.2). Вращение виброшпинделя передается от электродвигателя

самотеком.

Основной задачей исследования являлось определение максимальной подачи сверла, при которой без снижения качества обработки стойкость последнего оставалась не ниже существующей. В качестве критерия затупления сверла приняты резкое увеличение шероховатости поверхности или цоломка инструмента. С учетом необхо-

В результате установлено, что можно в 2 - 3 раза увеличить подачу сверла без его поломки и одновременно повысить стойкость инструмента. Так, если достигнутая в производственных условиях завода средняя стойкость сверл при сверлении без вибраций составляла около 40 мин, то при вибросверлении она увеличилась в 2 - 3 раза и составила 90 - 140 мин.

Процесс вибросверления отверстий в корпусных деталях карбюраторов внедрен в производство со следующими режимами обработки: подача сверла - 0,052 мм/об; частота вращения шпинделя - 4000 об/мин (V - 31,4 м/мин); число вибраций за один оборот инструмента - 2; амплитуда колебаний - 0,06 мм. Это позволило в 2 раза сократить машинное время сверления отверстий и в 2 - 3 раза повысить стойкость пушечных сверл.

Обработка корпусных деталей на алмазно-расточных станках. При изготовлении корпусных деталей карбюраторов и бензонасосов широко применяется алюминий-кремниевый сплав марки Ал9В, заготовки из которого получают методом литья под давлением. Химический состав сплава Ал9В, %: Al - 91,5-93,8; Si - 6,0 - 8,0; Mg - 0,2 - 0,5.

Выполнение обработки отверстий в корпусных деталях карбюраторов из сплава Ал9В с одновременным подрезанием торца на модернизированном алмазно-расточном станке 2705 позволило повысить производительность труда в 1,8 раз.

Удаление заусенцев на корпусных деталях из цинковых и алюминиевых сплавов. На деталях карбюраторов и бензонасосов сложной конфигурации из цинковых и алюминиевых сплавов снятие облоя после литья под давлением и заусенцев после механической обработки осуществляется вручную с помощью напильников и шаберов. Трудоемкость этих операций нередко составляет 10 - 15% общей трудоемкости изготовления детали.

С целью механизации процесса было предложено удалять заусенцы на специальных вибрационных машинах универсального и проходного типа с вместимостью рабочей камеры 50 - 1000 л. В качестве наполнителя рекомендовано использование как абразивных, так и неабразивных тел, размеры и формы которых устанавливаются опытным путем в зависимости от конструкции обрабатываемых деталей. Абразивный наполнитель более интенсивно удаляет заусенцы, однако он дефицитен и обладает большим износом, в связи с чем в ряде случаев целесообразно применение металлического наполнителя, например, из алюминиевого или цинкового сплава.

На рис. V.3 приведен наполнитель из сплава ЦАМ4-1, который используется для удаления облоя и заусенцев на вибрационной установке "Спиратрон". Наполнитель сделан полым с целью уменьшения массы и изготавливается под давлением на обычных литевых машинах.

Пресс-форма для изготовления наполнителя выполнена четырехместной. Вставки к пресс-форме получают методом пластической деформации в холодном состоянии из стали 40Х на гидравлическом прессе. На полированную поверхность заготовки ставят пуансон (трехгранную пирамиду с гранями под углом 60^0) из стали ХВГ, закаленной до HRC 62. За четыре приема с промежуточными отжигами и травлением в соляной кислоте получают полость необхо-

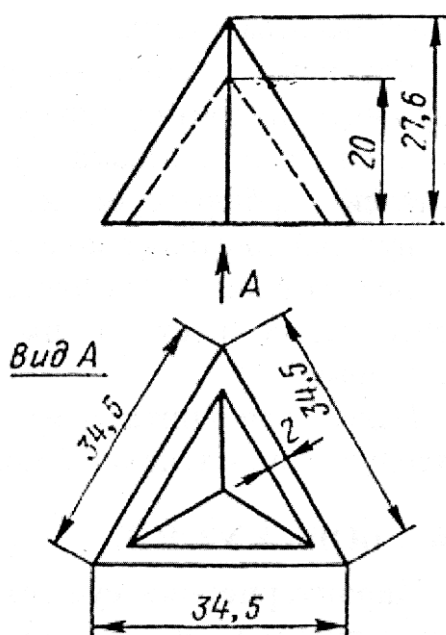


Рис. V.3. Наполнитель из сплава ЦАМ4-1 для удаления облоя на деталях из цинко-алюминиевых сплавов.

димых размеров и требуемой точности. С целью сглаживания острых кромок наполнитель в течение 2 часов обкатывают в галтовочном барабане.

Для полного заполнения установки “Спиратрон” требуется 22000 гранул (масса одной гранулы 19,5 г, а вместимость - 100 шт. на 1 л). Работа установки “Спиратрон” осуществляется с непрерывной промывкой в 0,5%-ном водном растворе тринатрийфосфата.

Вибрационная установка “Спиратрон” представляет собой машину непрерывного действия с автоматическим разделением наполнителя и обрабатываемых деталей. Детали непрерывно загружаются в нижнюю часть спирали, откуда под давлением направленной вибрации поднимаются вместе с наполнителем, который удаляет заусенцы за время этого подъема. В верхней части машины наполнитель через отверстия в сетке проваливается для последующего участка в обработке, а детали сбрасываются в тару.

Как показал опыт внедрения металлического наполнителя, удаление заусенцев и притупление острых кромок на вибрационных установках осуществляются весьма эффективно и возможны практически для всех деталей карбюраторов из цинко-алюминиевого сплава. Заклинивание гранул наполнителя в полостях деталей отсутствует.

Все детали из цинкового сплава ЦАМ4-1 имеют светло-матовый серебристый цвет, а их товарный вид соответствует техническим условиям.

Износ наполнителя из сплава ЦАМ4-1 незначителен - за время эксплуатации в течение 2 месяцев его массовые потери не превысили 10 - 15%.

V.2. СБОРКА УЗЛОВ

Характеристика существующих методов сборки. При производстве карбюраторов и бензонасосов трудоемкость сборочных операций составляет 40 - 50% всей трудоемкости их изготовления. В значительной мере это объясняется большим объемом применяемого при этом ручного труда.

Наиболее распространенным методом сборки является поточный, при котором рабочие места сборщиков располагаются в соответствии с технологическим процессом по принципу прямоточности и соединяются ленточным конвейером. Рабочие места периодически пополняются деталями и узлами, необходимыми для выполнения данной операции.

Для сборки наиболее распространенных карбюраторов внедрены прогрессивные конвейерные линии с люльками этажерочного типа, имеющие по-

вышенную скорость движения, благодаря чему уменьшены межоперационные заделы. Указанные линии созданы по типу сборочных линий фирмы “Вебер” (Италия).

Конвейер находится в непрерывном движении с заданной скоростью. Каждая люлька состоит из нескольких полок, закрепленных за определенной сборочной операцией. По окончании сборки работающий ставит узел на соответствующую полку для выполнения следующей операции. За некоторыми работающими с целью равномерной загрузки закреплены две операции, что позволяет сократить число рабочих мест. Благодаря использованию замкнутого конвейера необходимость в прямоточном расположении рабочих мест отпала.

В процессе сборки отдельные узлы и изделия в целом подвергаются контролю в соответствии с техническими условиями. Контроль уровня топлива в поплавковой камере карбюраторов производится как гидравлическим методом с использованием керосина, так и пневматическим, который является более прогрессивным.

Технический уровень выполнения сборочных операций в передовых зарубежных фирмах достаточно высок. Так, на итальянской фирме “Вебер” при сборке карбюраторов подача деталей и узлов на сборку производится транспортерами, движущимися вдоль сборочных конвейеров этажерочного типа. Перед сборкой детали и узлы подвергают промывке и контролю, после чего ставят заглушки (свинцовые шарики) на пневматических прессах, контролируют герметичность с помощью пневматического прибора, регулируют холостой ход карбюратора посредством приборов “Солекс” на специальном приспособлении, а также сверлят отверстия системы холостого хода. Перед сверлением отверстий детали подвергают кернению.

В указанной фирме широко применяют пневматические гайко- и винтоверты, многошпиндельные головки, механизированы операции сборки игольчатого и обратного клапанов ускорительного насоса. При сборке используют винты с предварительно насаженными пружинными шайбами.

Фирма “Крейслер” (США) для контроля основных операций процесса применяет ЭВМ, что дает возможность контролировать качество, производительность, загрузку работающих, потребление материалов и т.д. На заводах фирмы “Дженерал моторс” (США) испытание и контроль автомобильных карбюраторов также производится с помощью ЭВМ, что обеспечивает производительность 20000 шт. изделий в сутки.

Сборка карбюратора К126Н автомобиля “Москвич-412”. Технологический процесс общей сборки карбюратора осуществляется на четырех конвейерных линиях. На первой из них собирают узел корпуса смесительной камеры, на второй - узел корпуса поплавковой камеры, на третьей - узел крышки поплавковой камеры и, наконец, на четвертой линии производят общую сборку трех указанных основных узлов. Все конвейерные линии связаны между собой и включают 36 операций, в том числе испытания узлов и карбюратора в целом на соответствие требованиям ТУ, транспортировку и упаковку.

Рабочие места сборщиков оснащены электроотвертками, сверлильными станками, пневматическими прессами, винтовертами. Более сложные операции

выполняются на столах, а простые - непосредственно на конвейере. Продолжительность сборки одного карбюратора составляет свыше 50 мин.

Процессы сборки карбюраторов других типов и бензонасосов принципиально не отличаются от рассмотренного.

Механизация сборочных операций. Процесс общей сборки карбюраторов и бензонасосов на конвейере включает операции соединения основных деталей и узлов, установки и завинчивания крепежных деталей, запрессовки заглушек и жиклеров, сверления отверстий и другие.

Краткий анализ технологических процессов сборки карбюраторов и бензонасосов показывает, что для дальнейшего совершенствования необходимо в первую очередь автоматизировать операции комплектования сборочного узла и завинчивания резьбовых деталей. Одной из наиболее трудоемких сборочных операций является операция завинчивания, которая предусматривает выполнение большого числа рабочих приемов: взятие винта, шайбы и надевание на винт, установку винта в отверстие, подвод винтоверта, завертывание винта, отвод инструмента и снятие узла. При общей продолжительности сборки 63 мин

трудоемкость завинчивания составляет 46,7%.

Для частичного решения этого вопроса создан унифицированный ряд многошпиндельных винтовертов. В их числе трех-, четырех-, пяти-, семи- и восьмишпиндельные винтоверты, предназначенные для сборки наиболее важных узлов и деталей карбюраторов - крышки с корпусом, корпуса подшипника со смесительной камерой и др. Кроме того, усовершенствован автомат для комплектования винтов с шайбами.

Конструкции винтовертов выполнены с максимальной унификацией узлов и деталей.

Для сборки поплавковой камеры с крышкой карбюратора К126Б применяют семишпиндельный винтоверт (рис. V.4), который состоит из завертывающей головки и стойки 3 с пневмоцилиндром 5. Винтоверт устанавливают на столе 4 в линии сборки у

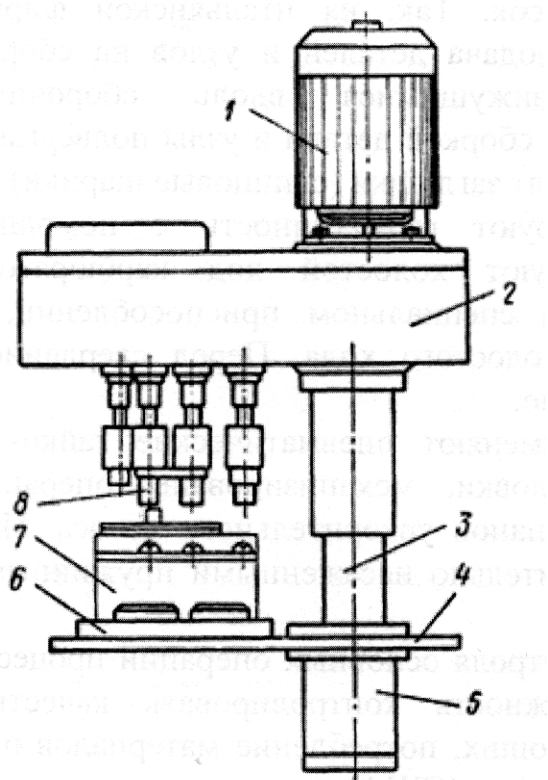


Рис. V.4. Семишпиндельный винтоверт для сборки корпуса и крышки карбюратора.

конвейера этажерочного типа. Завертывающая головка включает электродвигатель 1, редуктор 2 и семь шпинделей 8, в которые вставлены патроны с отвертками. С целью постоянного прижима отвертки к шлицу патрон поджимается пружиной. В верхней части шпинделей установлены муфты предельного момента, отрегулированные на требуемое усилие завертывания. Подъем и опуска-

ние головки к собираемому узлу осуществляется пневмоцилиндром.

Сборка осуществляется следующим образом. На закрепленную на столе подставку 6 вручную устанавливают корпус карбюратора 7 и базируют специальными выступами. Затем на него кладут прокладку, устанавливают крышку, в отверстие ставят винты с пружинными шайбами. После одновременного включения электродвигателя и пневмосистемы завертывающая головка с вращающимися шпинделями опускается, ловители захватывают винты и устанавливают их в отверстиях вертикально, отвертки завертывают винты с определенным усилием. После выполнения операции головка поднимается, а собранный узел снимается вручную.

Детали к сборке подаются конвейером, крепеж (винты и шайбы) находится на рабочем месте сборщика.

Работа винтоверта производится при частоте вращения шпинделей 800 об/мин, крутящем моменте 100 кГс·см, давлении воздуха в пневмоцилиндре 4 кГс/см², мощности электродвигателя 0,4 кВт. Полный цикл сборки с установкой и снятием детали составляет 25 - 30 с, а размеры крепежных деталей М3 - М6.

При отсутствии многошпиндельных винтовертов применяют механические электроотвертки, состоящие из электродвигателя и шпинделя, соединенных ременной передачей. Шпиндель, подвешенный на пружине, при завертывании винта поджимают рукой вниз и соединяют с отверткой посредством кулачковой муфты. В процессе продолжительной работы указанными отвертками у рабочих уставали руки, в результате чего прижим был недостаточно сильным, что приводило к браку при сборке изделий. С целью устранения этого недостатка на отвертку установлены прижимное электромагнитное устройство и муфта предельного момента, которая отключает электромагниты при заданном усилии завинчивания. Во время сборки с помощью модернизированной отвертки недовертывание винтов исключается.

Сложность комплектования винтов с пружинными шайбами затрудняет полную автоматизацию операций по завинчиванию резьбовых изделий. Для комплектования винтов с шайбами предложен автомат вибрационного типа, который был подвергнут модернизации.

Автомат состоит из двух чаш, из которых нижняя предназначена для пружинных шайб, а верхняя - для винтов. С целью перемещения и перевода пружинных шайб из горизонтального положения в вертикальное к внутренней стенке нижней чаши прикреплен лоток, с которого шайбы падают вниз на второй лоток, служащий для их подачи на позицию сборки. Винты проходят по лотку, ориентирующей планке, трубе и через наконечник направляются к месту сборки.

Для устранения заклинивания шайб предусмотрена специальная планка, расположенная над лотком, а от их выпадения из щели лотка у места сборки установлен ограничитель. Верхняя и нижняя чаши соединены между собой трубой. При включении вибропривода, установленного над чашами, в результате направленной вибрации винты и шайбы, находящиеся в чашах, перемещаются по спиральным лоткам.

Пружинные шайбы при движении по лотку ориентируются и попадают на операцию комплектования. Одновременно, с некоторым интервалом, туда поступают винты, которые при своем движении входят в шайбы. Собранный узел передвигается по направляющим сортирующего лотка в емкость. Сортирующее устройство производит отбраковку несобранных деталей, которые попадают в специальную емкость.

Емкость для накопления скомплектованных винтов и шайб представляет собой диск с пазом, выполненным в виде спирали. Диск $\varnothing 300$ мм может вместить около 200 винтов с шайбами.

Винты и шайбы, подвергающиеся комплектованию, должны быть промыты и очищены от технического жира, которым они покрываются для предохранения от коррозии.

С целью уменьшения трения рабочие поверхности автомата подвергают хромированию.

Производительность автомата - 25...30 сборок в 1 минуту.

ГЛАВА VI

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ АППАРАТУРЫ ПОДАЧИ ТОПЛИВА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

VI.1. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ

К изготовлению точных деталей дизельной топливной аппаратуры предъявляются чрезвычайно высокие технические требования, что обусловлено характером выполняемых ими функций.

Основные технические требования стандартов регламентируют вид материала, из которого должны быть изготовлены детали, характер термической обработки, шероховатость сопрягающих поверхностей, точность обработки, условия взаимодействия деталей, собранных в узел (пару), выходные параметры сборочного узла, а также правила приемки, методы испытаний, требования к маркировке, упаковке, транспортированию, хранению и гарантийные условия изготовления.

Плунжерные пары. Плунжерные пары насосов распределительного типа изготавливают в соответствии с техническими условиями, согласованными с потребителем, а рядных насосов - по ГОСТ 9927 - 71.

Детали плунжерных пар для обеспечения высокой износостойкости должны быть подвергнуты термической обработке. Твердость деталей из объемнокалящихся сталей должна быть не менее *HRC* 60, а из азотируемых сталей не менее *HV* 820. Хрупкость азотированного слоя - 1- или 2-й группы по Виккерсу. Шероховатость сопрягающихся поверхностей должна соответствовать 12-му классу, для плунжерных пар рядных насосов допускается соответственно 11-му классу. Отсечную кромку плунжера следует изготавливать с точностью геометрической формы и по углу расположения не ниже 0,02 мм; непараллельность уплотнительного и опорного торцов втулки не должна превышать 0,025 мм. Неплоскостность уплотнительного торца втулки допускается не выше 0,0006 мм.

Особенно высокие технические требования предъявляются к точности геометрической формы сопряженных поверхностей. Так, некруглость отверстия втулки и цилиндра плунжера не должна превышать 0,0005 мм; отклонения от геометрической формы отверстия и вала в продольном сечении не выше 0,001 мм. После сборки плунжерной пары перемещение плунжера во втулке должно быть плавным, без заеданий и прихватываний.

Важнейшим параметром, определяющим работоспособность плунжерной пары, является диаметральный зазор между плунжером и втулкой. Для плунжерных пар рядных насосов с рабочим диаметром до 10 мм он должен быть не менее 0,0006 мм, а с рабочим диаметром от 10 до 20 мм - не менее 0,001 мм. Максимальный диаметральный зазор для плунжерных пар рядных насосов, не предусмотренный ГОСТом, устанавливают косвенно по значению гидравлической плотности в соответствии с чертежом.

Для плунжерных пар распределительных топливных насосов диаметральный зазор в соответствии с техническими требованиями должен быть в сопряжении плунжер - втулка 0,0004 - 0,0005 мм, а в сопряжении плунжер - дозатор 0,0002 - 0,0003 мм (причем проверка гидравлической плотности не производится).

Ресурс плунжерных пар рядных насосов до их замены установлен в количестве 5000 ч для дизелей с числом рабочих циклов в минуту более 500 и не менее 800 ч - для тихоходных дизелей. Ресурс плунжерных пар насосов распределительного типа установлен в количестве 5000 ч.

Распределители форсунок дизелей. Корпус распределителя изготавливают из стали 18Х2Н4МА по ГОСТ 4543 - 71, которую подвергают цементации и закалке. Как правило, иглу распределителя изготавливают из объемнокалящейся стали марки Р18. Корпус распылителей с приставным сопловым наконечником (пластиной) допустимо изготавливать из стали марки ШХ15 или ХВГ, сопловый наконечник (пластину) - из стали марки ХВГ, ШХ15 или Р18, а иглу - из стали марки Р18.

С целью стабилизации размеров детали распылителя подвергают специальной термической обработке. Твердость сопряженных поверхностей корпуса распылителя, изготовленного из стали марки 18Х2Н4МА, должна быть не ниже *HRC* 57. На торце корпуса распылителя допустимо понижение твердости до *HRC* 54. Твердость поверхностей корпусов и приставных сопловых наконечников (пластин), изготовленных из стали марки ШХ15 или ХВГ, должна быть не ниже *HRC* 58. Твердость игл и наконечников, изготовленных из стали Р18, должна быть не ниже *HRC* 60.

Шероховатость цилиндрических сопряженных поверхностей корпуса распылителя и иглы должна быть не ниже 12-го класса (на отдельных участках допустима не ниже 11-го класса). Шероховатость рабочей конической поверхности корпуса распылителя по уплотнительному пояску должна быть не ниже 9-го класса, а иглы распылителя - не ниже 10-го класса. Шероховатость уплотнительного торца корпуса распылителя, предназначенного для автотракторных дизелей, должна быть не ниже 10-го класса, а для остальных дизелей - не ниже 11-го класса.

Весьма высокие технические требования предъявляют к точности геометрической формы и взаимного расположения поверхностей. Некруглость рабочих цилиндрических поверхностей корпуса распылителя и иглы не должна превышать 0,0005 мм, неплоскостность уплотнительного торца корпуса распылителя для диаметра до 0,25 мм не должна превышать 0,0006 мм. Отклонение профиля продольного сечения сопрягающихся цилиндрических поверхностей корпуса распылителя (конусообразность, бочкообразность или седлообразность) допускается не свыше 0,0001 мм, а иглы - 0,0005 мм. Биение запирающего корпуса относительно рабочей цилиндрической поверхности корпуса распылителя не должно превышать 0,003 мм, а иглы - 0,002 мм. Высокая точность геометрической формы рабочих поверхностей в сочетании с оптимальными зазорами между цилиндрическими рабочими поверхностями должна обеспечить ряд важных параметров работы распылителя - его герметичность и высокое ка-

чество распыления топлива.

Герметичность распылителя предусматривает отсутствие пропускания топлива через зазоры между запирающими корпусами иглы и корпуса при давлениях, не превышающих давления подъема иглы. Распыленное топливо должно быть туманообразным, без заметных визуально отдельных капель, сплошных струек и местных сгущений. Не допускается подтекание топлива через сопловое отверстие, впрыскивание топлива должно быть четким с характерным звуком.

Диаметральный зазор между корпусом распылителя и иглой должен быть не менее 0,002 мм, а в отдельных случаях он может быть уменьшен до 0,001 мм. Регламентирование минимального зазора обусловлено стремлением избежать заедания сопряженных поверхностей при эксплуатации.

Значение максимального допустимого зазора определяется косвенно по минимальной гидравлической плотности, равной 5 с для штифтовых и бесштифтовых длинных распылителей с наибольшим диаметром корпуса до 17 мм и 15 с для бесштифтовых длинных распылителей с наибольшим диаметром корпуса не более 17 мм, а также для бесштифтовых коротких распылителей.

Выдвинутая из корпуса распылителя на $1/3$ длины ее рабочей поверхности игла должна плавно и безостановочно опускаться под действием собственной силы тяжести при любом угле поворота (вокруг своей оси) относительно корпуса распылителя, установленного под углом 45^0 . При проверке гидравлической плотности распылителя методом опрессовки используют технологическую жидкость (обычно смесь дизельного топлива с маслом).

Ресурс распылителей до их замены должен быть не менее 2500 ч для автотракторных дизелей, а для остальных дизелей - по согласованию потребителя с изготовителем.

Клапаны нагнетательные. Детали клапанной пары - клапан и корпус - следует изготавливать из стали марки ШХ15. Допустимо их изготавливать также из стали марки ХВГ, а клапаны, кроме того, из стали марки 18Х2Н4ВА. Твердость клапанов после термообработки должна соответствовать *HRC* 56 - 62, а твердость корпусов - *HRC* 60 - 64. Шероховатость цилиндрической сопрягающейся поверхности и уплотнительного торца корпуса должны быть не ниже 11-го класса, а цилиндрической сопрягающейся поверхности клапана с разгрузочным пояском и запорных конических поверхностей корпуса и клапана - не ниже 10-го класса.

Конусообразность и некруглость сопрягающихся цилиндрических поверхностей клапана и корпуса допускается не более 0,003 мм, а биение запорных конических поверхностей клапана и иглы - не более 0,0004 мм. Зазор по цилиндрической части нагнетательного клапана с разгрузочным ходом должен быть не более 0,01 мм для клапанов диаметров свыше 10 мм. Нормы плотности, которые должны соответствовать заданным зазорам, определяют техническими условиями.

Ресурс клапанов до их замены должен быть не менее 5000 ч для дизелей с числом рабочих циклов в минуту более 500 и для остальных дизелей - 12000 ч.

VI.2. ОБРАБОТКА ТОЧНЫХ СОПРЯГАЮЩИХСЯ ПАР АППАРАТУРЫ

Плунжерные пары рядных насосов. Конструкции плунжерных пар рядных насосов дизельных двигателей мало отличаются друг от друга, потому при их изготовлении используют единую технологию.

Таблица VI.1

Технологический процесс изготовления втулки плунжера рядных насосов (рис.I.9)

Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Средства технического контроля
<i>Заготовительная</i> Снятие фаски на прутке с 2-х сторон. Рихтовать заготовку	Обдирочно-шлифовальный станок 3М64, специальный полуавтомат для заправки и рихтовки прутков конструкции АНИТИМ	Шлифовальный круг	-
<i>Автоматная</i> Обработать центральное отверстие и наружную поверхность	Токарный шестипиндальный горизонтальный автомат 1А240-6	Сверла, резцы, сверло ружейное	Скобы. Калибр, шаблон, эталон шероховатости
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать поверхность и торец предварительно	Специальный торцевшлифовальный автомат на базе 3Б153Т или по типу МОТОРПАЛ	Шлифовальный круг	Скобы
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать торец предварительно	Специальный торцевшлифовальный полуавтомат с магазинной загрузкой	Шлифовальный круг	Скобы
<i>Агрегатная</i> Зенковать фаски, сверлить и развернуть отверстия	Специальный автомат 382-007 или автомат 1971-4017	Зенкер, сверла, развертки	Калибры, приспособления для контроля размера
<i>Фрезерная</i> Фрезеровать шпоночный паз	Специальный фрезерный полуавтомат	Фреза	Калибры, приспособления для контроля соосности
<i>Термообработка</i> холодом, отпуск	Печь СНЦА-5,10.3,2/10, холодильная машина МПС-1000, печь СКО-0,835.04/3	-	Микроскоп МИМ-7 твердомер ТК-1

Заготовку втулки плунжера (табл. VI.1) получают из прутка на 6-шпиндельном токарном автомате с одновременным вибросверлением основ-

ного отверстия ружейным сверлом. На заводе “Моторпал” (Чехословакия) применяют метод холодной высадки, что позволяет повысить коэффициент использования металла, однако усложняется процесс получения основного отверстия. Кроме того, обработка наружных диаметров и канавки выполняется в центрах от основной базы - центрального отверстия.

Зенкование, сверление и развертывание двух топливных отверстий производят на специальном автомате, выдерживая довольно жесткий допуск на взаимное расположение между отверстиями и внутренним торцом. Фрезерование канавки осуществляется на специальном полуавтомате шпоночной фрезой $D\ 4$ мм. Во избежание деформации закалку на заданную твердость производят в специальных приспособлениях, детали в которых устанавливают вертикально. После зачистки заусенцев в пазу и топливных отверстиях наружные цилиндрические поверхности подвергают повторной обработке - шлифованию в центрах с базой от центрального отверстия.

Удаление заусенцев на стыке центрального и топливных отверстий, а также зенкование фаски производят на модернизированном токарно-револьверном автомате 1Б136. Оператор загружает кассету заготовками, и ловитель, совершающий возвратно-поступательные движения, передает их поштучно в цангу, а твердосплавный конический зенкер как прижим досылает заготовку до упора в цанге и снимает фаску; удаление заусенцев производят твердосплавной двузубой цилиндрической разверткой, диаметр которой на 0,5 мм меньше диаметра отверстия. В процессе работы под действием пружины развертка прижимается лезвием к поверхности отверстия и совершает несколько возвратно-поступательных движений с ходом 5 - 8 мм, задаваемым по копиру. На револьверной головке устанавливают два комплекта инструментов, поэтому за один поворот револьверной головки обрабатывается две детали. Производительность станка около 2550 деталей в смену.

Окончательная обработка центрального отверстия осуществляется алмазным хонингованием на двух- или одношпиндельном алмазно-хонинговальном станке-полуавтомате, а предварительная и окончательная доводка - на одношпиндельных доводочных станках-полуавтоматах с использованием абразивных паст различной зернистости - на предварительной доводке М14-28, а на окончательной - М3-5. Иногда вводят и третью доводку - полирование алмазно-абразивной пастой М1-2 с целью получения шероховатости поверхности в пределах 12-го класса.

Заготовку плунжера (табл. VI.2) изготавливают методом холодной высадки буртика либо точением на многошпиндельном токарном автомате. После обработки головки и канавок производят первое бесцентровое шлифование рабочего цилиндра, являющегося базой при последующей обработке торцов и головки. Затем производят второе бесцентровое шлифование рабочего цилиндра, фрезеруют паз, сверлят боковое и осевое отверстия, а также фрезеруют две винтовые канавки, одна из которых является технологической и предназначена для уменьшения погрешностей при последующей обработке. Зачисткой заусенцев и накатыванием рифленой поверхности на головке заканчивается “сырая” обработка плунжера.

Таблица VI.2

Технологический процесс изготовления втулки
плунжера рядных насосов (рис. I.9)

Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Средства технического контроля
<i>Высадка</i> Отрезать заготовку. Высадить заготовку	Холодновысадочный автомат А1235, матрица отрезная, нож отрезной, матрица высадочная, пуансон твердосплавный, выталкиватель, ролик подающий	-	Штангенциркуль, скобы 8102, 8113, приспособление для контроля биения 8733
<i>Автоматная</i> Обточить фланец и наружную поверхность. Проточить канавку	Токарно-револьверный автомат 1Б124, специальная державка для подачи детали, специальный упор	Проходной резец, плоский резец	Скобы 8113, 8102. Калибр, приспособления для замера биения 8733
<i>Токарная</i> Проточить канавку	Специализированный токарно-винторезный станок с магазинной загрузкой на базе 1М61, приспособление пневматическое 7020	Резец отрезной	Скоба 8113, калибр для паза 8154, калибр 8153
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать поверхность	Бесцентрово-шлифовальный автомат на базе 3М1182М, нож поддерживающий, упор, карандаш С2-1	Шлифовальный круг, ведущий круг	Скоба 8113
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать одновременно два торца	Торцешлифовальный станок СА-12МВ1М, призма 7020, карандаш С2-1	Шлифовальный круг	Скоба 8102, приспособление для замера перпендикулярности 8732
<i>Автоматная</i> Обточить стержень, подрезать фланец	Токарно-револьверный автомат, специальный приемник, специальный упор, державки проходного и подрезного резцов, специальный отразитель	Проходной резец, подрезной резец	Скоба 8113, 8102, приспособление для контроля биения 8733
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать поверхность	Бесцентрово-шлифовальный автомат на базе 3М182М, нож, поддерживающий упор, карандаш	Шлифовальный круг, ведущий круг	Скоба 8113, микрометр рычажной
<i>Протяжная</i> Протянуть паз на фланце	Пресс гидравлический ПГ-3,5 т, приспособление 7638	Протяжка 2405	Скоба 8102, калибр для паза, прибор для контроля симметричности 8734

Продолжение табл. VI.2

Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Средства технического контроля
<i>Агрегатная</i> Сверлить отверстие	Агрегатно-сверлильный станок ХЗАС, кондуктор 7362, патрон для сверла	Сверло 2,51; 3,01	Пробка 8130, глубиномер 8151, приспособление для контроля соосности 8734
<i>Фрезерная</i> Фрезеровать рабочую спираль по копиру. Фрезеровать технологическую спираль по копиру	Специальный фрезерный полуавтомат ОФ-448, приспособление с пневмогидравлическим приводом, оправка для крепления фрезы	Фреза	Калибр 8154, индикаторный прибор на ТУ, глубиномер 8151, эталон на размер
<i>Накатная</i> Накатать рифления	Накатной станок 5А-933	Ролик для накатки 1417	Скоба 8113
<i>Термообработка</i>	-	-	-
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать поверхность	Бесцентрово-шлифовальный станок «Мультимат», нож, поддерживающий упор, карандаш С2-1	Шлифовальный круг, ведущий круг	Микрометр рычажной О-25, скоба 8113
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать два торца	Торцешлифовальный станок СА-12, призма 7082, карандаш С2-1	Шлифовальный круг	Скоба 8113, приспособление для контроля перпендикулярности 8732
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать конус 10°	Специальный шлифовальный полуавтомат с магазинной загрузкой на базе ЗБ12, карандаш С2-1	Шлифовальный круг	Шаблон 8371
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать конус 15°	Специальный шлифовальный полуавтомат с магазинной загрузкой на базе ЗБ12, приспособление 7020, карандаш С2-1	Шлифовальный круг	Шаблон 8371
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать отсечную кромку спирали	Специальный шлифовальный полуавтомат ВЕ-36, приспособление 7125, карандаш С2-1	Шлифовальный круг	Прибор для контроля отсечной кромки спирали
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать фаску	Круглошлифовальный станок с магазинной загрузкой 312М, карандаш С2-1, призма 7082	Шлифовальный круг	Калибр профильный 8371

Продолжение табл. VI.2

Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Средства технического контроля
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать рабочую поверхность на группы через 0,005мм	Бесцентрово-шлифовальный станок «Мультимат» с магазинной загрузкой, нож, поддерживающий упор	Шлифовальный круг, ведущий круг	Микрометр рычажной О-25. Прибор ЦНИТА 82118
<i>Доводочная</i> Довести поверхность	Плоскодоводочный станок ЗБ814, сепаратор 7270	Паста доводочная М10	Прибор ЦНИТА 82118
<i>Доводочная</i> Довести поверхность (снятие огранки)	Специальный бесцентрово-доводочный полуавтомат на базе ВЕ-33	Паста АСМ7-2%, вал ведущий, вал доводочный	Приборы ЦНИТА 8243 и 82118
<i>Доводочная</i> Довести поверхность окончательно	Плоскодоводочный станок ЗБ814, сепаратор 7270	Паста доводочная АМ1,5	Приборы ЦНИТА 8243 и 82118, эталон шероховатости
<i>Автоматная</i> Зенковать фаску со стороны и снять окалину в отверстии	Токарно-револьверный автомат 15136 с магазинной загрузкой	Зенкер, развертка	Пробка
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать по верху торец	Торцекругошлифовальный автомат по типу «Моторпал» или ЗБ153Т	Шлифовальный круг	Скобы, индикаторное приспособление
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать по верху	Бесцентрово-шлифовальный полуавтомат ЗГ182 с автоматизированной загрузкой	Шлифовальный круг	Скоба
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать наружный торец	Плоскошлифовальный станок ЗБ740	Шлифовальный круг	Скоба, приспособление для контроля параллельности торцов
<i>Хонинговальная</i> Хонинговать центральное отверстие	Двухшпиндельный алмазно-хонинговальный станок 3820-2	Алмазные бруски	Пробка
<i>Термообработка</i> (старение)	Печь СКО-08.35.04/3	-	Твердомер ТК-1
<i>Доводочная</i> Довести центральное отверстие предварительно	Доводочный станок 3820-Д	Паста, притир	Прибор ЦНИТА

Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Средства технического контроля
<i>Доводочная</i> Довести центральное отверстие окончательно	Вертикально-доводочный станок 3820-Д	Паста, притир	Прибор ЦНИТА
<i>Доводочная</i> Довести торец окончательно	Вертикально-доводочный станок 3820-Д	Паста, диск доводочный	Скоба, приспособление для контроля параллельности торцов

После закалки на твердость *HRC* 60 - 65 производят третье бесцентровое шлифование рабочего цилиндра, шлифуют торцы, зенкуют осевое отверстие, шлифуют конусы 10 и 15° на головке и отсечную кромку на винтовой поверхности за две операции. При использовании станков чехословацкого производства модели БЕ36, работающих “на врезание” шлифовального круга сверху, необходимость в двух операциях отпадает, так как в этом случае колебание припуска не оказывает влияния на производительность станка и точность обработки. Далее шлифуют фаску и в четвертый раз рабочий цилиндр. Окончательная обработка рабочего цилиндра плунжера включает предварительную плоскую доводку, снятие огранки на доводочной бабке и окончательную плоскую доводку. Доводочные операции выполняют на станках модели ЗБ814 с использованием чугунных дисков, абразивных и алмазных паст различной зернистости. С целью гарантированного обеспечения 12-го класса шероховатости поверхности и стабильного обеспечения точности геометрической формы рабочего цилиндра применяют не две, а три операции плоской доводки. В этом случае последняя выполняется с применением алмазной пасты зернистостью М1-2.

Заготовку поводка из стали 35Л получают литьем по выплавляемым моделям. Обработку хвостовика, фаски и внутреннего торца производят в центрах. При обработке отверстия D 8 мм и наружного торца базой служит цилиндрическая поверхность D 6 мм.

Плунжерные пары распределительных насосов. Технология изготовления втулки плунжера приведена в табл. VI.3. Для получения заготовки втулки плунжера из стали 25Х5М могут быть эффективно применены два метода - пластическая деформация и сварка трением. При сварке заготовки из двух частей в качестве материала заготовки можно использовать более дешевую углеродистую сталь. Обработку заготовки, полученную методом горячей штамповки из стали 25Х5М, подвергшуюся термоулучшению до твердости *HRC* 22 - 30, производят сначала на фрезерно-центровальном полуавтомате, после чего в центрах на многорезцовом токарно-копировальном полуавтомате обтачивают три наружных диаметра. Обтачивание наружного диаметра и торца головки, а также сверление отверстий диаметром 13,4 и 8,82 мм выполняют на 6-шпиндельном токарном полуавтомате. Сверление глубокого отверстия D 8,82 мм и длиной 96,5 мм осуществляют ружейным сверлом с применением вибро-

шпинделя. Используя осевые отверстия как базу, в центрах обтачивают канавку и диаметр 17,6 мм на токарно-копировальном полуавтомате, а затем шлифуют диаметр 30,05 мм и профиль канавки.

Таблица VI.3

Технологический процесс изготовления втулки плунжера распределительных насосов (рис. I.10)

Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Средства технического контроля
<i>Заготовительная</i> (горячая штамповка)	-	-	-
<i>Фрезерно-центровальная</i> Фрезеровать два торца одновременно. Центровать с двух сторон одновременно	Фрезерно-центровальный полуавтомат типа МР-76АМ, приспособление	Фрезы дисковые трехсторонние. Сверла центровочные	Шаблон, скоба
<i>Токарная</i> Обточить поверху, подрезав торцы	Токарный многорезцовый копировальный полуавтомат 1708П, патрон, центры, копир	Резец проходной, резец подрезной	Скобы, шаблоны, приспособление для контроля радиального биения
<i>Автоматная</i> Сверлить отверстия Подрезать торцы, обточив поверху	Токарный шестишпиндельный полуавтомат 1А240П-6	Сверла Резец проходной, резцы подрезные, сверло ружейное	Калибры, скобы
<i>Токарная</i> Обточить, подрезать торцы	Токарный копировальный полуавтомат 1708П, патрон, центры	Резец проходной, резец фасонный, резец подрезной	Скобы, шаблоны, приспособление для контроля биения
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать поверху	Круглошлифовальный полуавтомат 3М151	Шлифовальный круг, карандаш	Скоба, приспособление для контроля биения
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать одновременно два торца	Торцешлифовальный двусторонний полуавтомат 3343	Шлифовальный круг, карандаш	Скобы
<i>Агрегатная</i> Сверлить два отверстия. Развернуть два отверстия	Специальный агрегатный станок	Сверла, развертка	Пробка

Продолжение табл. VI.3

Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Средства технического контроля
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать наружную поверхность и торец	Торцекруглошлифовальный полуавтомат 3Б153Д	Шлифовальный круг, карандаш	Скобы, приспособление для контроля биения
<i>Фрезерная</i> Фрезеровать две лыски одновременно	Горизонтально-фрезерный станок 6Т82Г, приспособление	Фрезы дисковые	Калибр
<i>Агрегатная</i> Фрезеровать лыски с двух сторон одновременно. Сверлить и развернуть отверстие	Фрезерно-сверлильный станок ЕТР-800 (Германия) ХЗАС	Фрезы дисковые, сверла спиральные, развертки	Скобы, шаблон, глубиномер
<i>Протяжная</i> Протянуть окно	Двухпозиционный вертикально-протяжной станок 7Б705В, адаптер	Протяжки	Шаблоны
<i>Сверлильная</i> Зенковать две фаски	Настольно-сверлильный станок НС-12А	Зенкер	Шаблон
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать наружную поверхность	Круглошлифовальный полуавтомат 3М151	Круг шлифовальный, карандаш	Скоба, приспособление для контроля биения
<i>Агрегатная</i> Сверлить одновременно два отверстия D 3,6 мм. Сверлить два отверстия D 2,9 мм до выхода в центральное отверстие. Предварительно и окончательно зенковать отверстие с двух сторон. Развернуть два отверстия	Специальный агрегатный станок	Сверла, зенкер, развертка	Пробка, калибр

Продолжение табл. VI.3

Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Средства технического контроля
<i>Агрегатная</i> Сверлить три отверстия. Сверлить три отверстия до выхода в центральное отверстие. Зенковать три фаски. Развернуть три отверстия. Сверлить три отверстия. Сверлить три отверстия до выхода в центральное отверстие	Специальный агрегатный станок	Сверла, зенкер, развертка	Глубиномер, калибр
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать поверху и торец	Торцекруглошлифовальный полуавтомат ЗБ153Д	Шлифовальный круг, карандаш	Скобы, приспособление для контроля биения
<i>Токарная</i> Проточить две канавки одновременно и снять фаски	Токарный станок 1А604	Специальный резец	Скоба, шаблоны
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать две канавки последовательно	Круглошлифовальный полуавтомат ЗМ153 с активным контролем	Шлифовальный круг, карандаш	Шаблоны, скобы
<i>Автоматная</i> Зенковать выточку одновременно. Расточить и снять фаску 0,3х45° одновременно. Нарезать резьбу	Токарный четырехшпиндельный полуавтомат 1А240П, цанга	Зенкер ступенчатый, лопатка, метчик	Калибр резьбовой, калибр
<i>Агрегатная</i> Сверлить три отверстия со снятием фаски 1,5х45°. Зенковать ступенчатым зенкером три отверстия. Развернуть одновременно три отверстия. Нарезать резьбу. Сверлить три отверстия	Специальный агрегатный станок, кондуктор, приспособление	Сверла, зенкер, зенкер ступенчатый, развертка	Глубиномеры, пробки, комплексный калибр

Продолжение табл. VI.3

Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Средства технического контроля
<i>Хонинговальная</i> Хонинговать отверстия	Хонинговальный станок 3821-2, 3821-1	Бруски алмазные, оправка	Пробка
<i>Азотирование</i> Глубина азотирования 0,45 мм. Твердость по HV 850. Хрупкость по Виккерсу кл. 2	Электропечь шахтная ОКБ3019	-	-
<i>Слесарная</i> Запрессовать заглушки до упора, зачистить и раскернить заглушки	Специальный пресс, точно-шлифовальный станок 3Б631, приспособление	Пуансон, керн, шлифовальный круг	-
<i>Доводочная</i> Довести отверстие	Доводочный станок 3820-Д, приспособление	Притир, оправка, паста М28	Пробка, приборы ЦНИТА 8243, 8248
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать последовательно две фаски под углом 30°	Внутришлифовальный станок 3225	Головка шлифовальная	Шаблон
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать поверхность	Торцекруглошлифовальный полуавтомат 3Б153Д с активным контролем	Шлифовальный круг, карандаш	Скоба, калибр, приспособление
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать торец, выдерживая размер	Торцекруглошлифовальный полуавтомат 3Б153Д с активным контролем	Шлифовальный круг, карандаш	Скоба, калибр, приспособление для контроля биения
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать поверхность	Круглошлифовальный полуавтомат 3М151	Шлифовальный круг, карандаш	Скоба, приспособление для контроля биения
<i>Доводочная</i> Довести отверстие	Доводочный станок 3820-Д	Притир, оправка, пасты М5, М6, М7	Приборы ЦНИТА 8243, 8248, 82118
<i>Доводочная</i> Довести отверстие	Доводочный станок 3820-Д	Притир, оправка, паста М1	Приборы ЦНИТА 8243, 8248, 82118

После шлифовки торцов на торцешлифовальном двустороннем полуавтомате производят шлифовку диаметра 42,6 мм и внутреннего торца головки; сверлят четыре отверстия диаметром 7 мм; фрезеруют торцы головки. Для получения прямоугольного окна под дозатор на фрезерно-сверлильном агрегатном станке фрезеруют две лыски, от которых сверлят отверстие диаметром 16 мм, после чего на вертикально-протяжном станке протягивают окно размером 18x22 мм. Внутренние фаски в окне удаляют на настольно-сверлильном станке. Последующая операция шлифования поверхности диаметром 29,9 мм преследует цель устранения деформаций, вызванных обработкой окна. Сверление и зенкование отверстия диаметром 3 мм, а затем трехступенчатых отверстий 3x2 мм и трехступенчатых отверстий 2x1,2 мм производят последовательно на специальных агрегатных станках. После шлифования поверхности диаметром 17,7 мм и подрезки торца протачивают, а затем шлифуют две нижние уплотнительные канавки. Обработку осевого отверстия диаметром 12,4 мм, нарезание резьбы М14х1,5 и обтачивание торца головки осуществляют на 4-шпиндельном токарном полуавтомате 1А240П-4.

Довольно сложной является операция сверления трех отверстий диаметром 14 мм, нарезание резьбы М15х1,5 и сверления трех отверстий диаметром 3 мм, которые должны соединяться с тремя ранее просверленными радиальными отверстиями. Последняя операция перед азотированием - алмазное хонингование основного отверстия - выполняется на одношпиндельном алмазно-хонинговальном станке 3820-1. Возможно использование и двухшпиндельных станков этой базовой модели. Несмотря на то, что термоулучшенная сталь 25Х5М с твердостью *HRC* 22 - 30 трудно поддается алмазной обработке, выполнение указанной операции перед азотированием обусловлено необходимостью существенно повысить точность размера и геометрической формы отверстия, а также уменьшить припуск для последующей доводки. Обеспечение высоких технических требований на этой операции усугубляется нетехнологичностью конструкции детали - наличием поперечного окна, разделяющего прецизионное отверстие на две части, и ее несимметричностью, вследствие чего центр тяжести детали и центр хонингуемого отверстия не совпадают. Для преодоления указанных трудностей к конструкции установочного приспособления и режущему инструменту предъявляют особые требования.

При выполнении операции азотирования необходимо предохранить резьбовые отверстия на головке, так как вследствие высокой твердости и хрупкости резьба окажется непрочной, а мелкие сколы металла могут попасть в зазор между плунжером и втулкой и заклинить плунжерную пару. Для предохранения от азотирования резьбовые отверстия покрывают специальной пастой, разработанной на Автомобильном заводе им. Ленинского комсомола (г. Москва, Россия). После азотирования тщательно очищают отверстия от остатков пасты и запрессовывают две заглушки. Финишные операции обработки детали предусматривают чистовое шлифование фасок, уплотнительных канавок и трех- или четырехкратную доводку основного отверстия стальными притирами и абразивными пастами различной зернистости. Доводка производится на вертикально-доводочных станках 3820Д. На операции окончательной доводки тех-

ническими условиями требуется обеспечить точность геометрической формы отверстия в пределах 0,002 - 0,005 мм, а нижней части отверстия еще точнее - в пределах 0,0001 мм, шероховатость поверхности - по 12-му классу. Указанные требования достигаются строгим соблюдением на операциях доводки заданных режимов обработки, высокой точностью режущего инструмента, приспособлений, а также контрольно-измерительных средств. Важное значение имеют также четкая организация и высокая культура производства.

Заготовку дозатора на пять деталей получают на 4-шпиндельном токарно-отрезном автомате из прутка круглого сечения, так как прутки квадратного профиля из стали 25X5M промышленностью не выпускаются. После термоулучшения на твердость *HRC* 22 - 30 заготовку подвергают бесцентровому шлифованию, сверлят отверстие на токарном автомате ружейным сверлом с использованием виброшпинделя, а затем в центрах шлифуют по наружному диаметру. Последовательное фрезерование четырех граней заготовки производят на специализированном вертикально-фрезерном станке, после чего на плоскошлифовальном станке их поочередно шлифуют. После разрезки на горизонтально-фрезерном станке заготовки на пяти деталях зачищают заусенцы, дорную отверстие на пневмопрессе, шлифуют оба торца, протягивают фаски, фрезеруют и шлифуют паз, шлифуют канавки в пазу, зенкуют фаску в отверстии и подвергают азотированию. После азотирования производят шлифование паза, а затем на внутришлифовальных автоматах модели И551 (фирма UVA, Швеция) шлифуют отверстие и фаску, обеспечивая точность размера отверстия в пределах 0,015 мм, геометрической формы около 0,5 мкм и 11-й класс шероховатости поверхности. Окончательная обработка - доводка отверстия - производится на вертикально-доводочных станках 3820Д. При этом достигается требуемая точность геометрической формы отверстия и 12-й класс шероховатости поверхности.

Заготовку плунжера получают из прутка стали 25X5M на 6-шпиндельном токарном автомате. После термоулучшения до твердости *HRC* 22 - 30 на бесцентрово-шлифовальном станке обрабатывают цилиндр, поочередно шлифуют торцы на плоскошлифовальном станке, обтачивают головку на токарно-револьверном автомате, протягивают и шлифуют лыски на буртике, сверлят осевое и два радиальных отверстия диаметром 2 мм на специальном сверлильном автомате, а также фрезеруют два паза 2x6 мм на специальном 4-шпиндельном полуавтомате. После зачистки заусенцев производят шлифование фаски на головке, канавки, шейки головки, а затем цилиндра на бесцентрово-шлифовальном полуавтомате. Повторное бесцентровое шлифование цилиндра выполняют после азотирования и тщательной прочистки отверстий. Затем поочередно шлифуют оба торца и фаску. Окончательная обработка плунжера включает операции предварительной плоской доводки рабочего цилиндра, которая выполняется на вертикально-доводочном двухдисковом станке 3Б814, снятия огранки на специальном бесцентрово-доводочном станке ВЕ 33 и окончательной плоской доводки. На последней доводочной операции обеспечиваются точность геометрической формы цилиндра в пределах 0,0002 - 0,0005 мм и 12-й класс шероховатости поверхности.

Клапанные пары. Конструкции клапанных пар рядных топливных насо-

сов и технологические процессы их изготовления на различных заводах во многом сходны.

Заготовку нагнетательного клапана получают на одно- или многошпиндельных токарных автоматах, шлифуют торцы (поочередно или одновременно), а затем на гидравлическом прессе выдавливают центровые отверстия, являющиеся базовыми поверхностями при последующей обработке. Фрезерование четырех ребер производят либо раздельно на универсально-фрезерном станке, либо одновременно на специальном автомате концевыми фрезами. После закалки, обработки холодом и отпуска на твердость *HRC* 54 - 60 сначала в центрах шлифуют наружный диаметр 6,07 мм и конус 90^0 , а затем цилиндр диаметром 4,6 мм и торец пояса на круглошлифовальных станках. Окончательное шлифование цилиндра диаметром 6 мм и конуса также производится в центрах на круглошлифовальном станке.

Заготовка седла клапана обрабатывается на шестишпиндельном автомате, после чего на сверлильном станке зенкуют фаску, калибруют отверстие с помощью дорна на гидравлическом прессе, производят закалку, обработку холодом и отпуск на твердость *HRC* 58 - 63. Первой операцией после термообработки является предварительная доводка или алмазное хонингование отверстия $D\ 6^{+0,02}$ мм, которое используется как база на последующих операциях шлифования наружных диаметров. Шлифование наружного торца и торца со стороны резьбы производят последовательно на плоскошлифовальных станках с круглым столом, а затем доводят отверстие пастой зернистостью 5 мкм на доводочных станках и дважды шлифуют рабочую фаску на внутришлифовальных станках абразивными кругами. Окончательная доводка отверстия выполняется на доводочных станках алмазной или абразивной пастой зернистостью M2 - M3. Последней операцией является доводка торца на вертикально-доводочных однодисковых станках пастой M3.

Бесштифтовые распылители. Отечественные заводы изготавливают несколько типов бесштифтовых распылителей, конструктивные отличия которых в основном определяются особенностями соплового аппарата, т.е. количеством сопловых отверстий, их диаметром и угловым расположением. В табл. VI.4 и табл. VI.5 приведены основные маршруты технологических операций обработки корпуса и иглы бесштифтового распылителя форсунки тракторного двигателя.

На заводах страны, производящих топливную аппаратуру, а также в Польше (фирма “Дельта”), Англии (фирма CAU), Румынии (фирма “Мефин”) корпус распылителя изготавливают из холоднокатаной стали 18X2H4BA или 18X2H4MA. Обработка заготовки на отечественных заводах производится на шестишпиндельном токарном автомате 1A240-6 с одновременным вибросверлением отверстия $D\ 5$ мм ружейным сверлом.

После шлифования технологической базы - фаски под углом 30^0 - в центрах предварительно обрабатывают цилиндры и внутренний торец, а затем шлифуют внешний торец. На Ярославском заводе топливной аппаратуры (ЯЗТА) внедрен процесс, предусматривающий получение заготовки методом высадки, что позволяет повысить коэффициент использования дефицитного

металла и уменьшить парк токарных автоматов. Однако при этом несколько усложняется предварительная обработка заготовок и повышается трудоемкость изготовления.

Таблица VI.4

Технологический процесс изготовления корпуса распылителя

Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Средства технического контроля
<i>Заготовительная</i> Снять фаски на прутке с двух сторон	Обдирочно-шлифовальный станок 3Б634	Шлифовальный круг	-
Рихтовать пруток	Специальный полуавтомат	-	-
<i>Автоматная</i> Обработать наружную и внутреннюю поверхности	Токарный шестишпиндельный прутковый автомат 1А240-6	Сверло, резец, развертка, зенкер	Скоба, калибр, глубиномер, эталон шероховатости
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать базовую фаску	Специальный шлифовальный автомат	Шлифовальный круг	Шаблон
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать внутренний торец	Специальный торцевокруглошлифовальный полуавтомат на базе 3Б153Т	Шлифовальный круг	Скобы
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать предварительно наружный торец	Специальный торцевокруглошлифовальный автомат на базе 6С197	Шлифовальный круг	Скоба
<i>Калибровочная</i> Дорновать отверстие	Пресс гидравлический	Дорн	Калибр
<i>Обработка запирающего конуса и глухого отверстия</i> Зенкеровать конус предварительно Сверлить глухое отверстие Калибровать сферу Зенкеровать конус окончательно	Специальный роторный полуавтомат	Зенкер, сверло Зенкер, сверло Зенкер, сверло Зенкер, сверло	Глубиномер Глубиномер Глубиномер Глубиномер
<i>Токарно-револьверная</i> Расточить фасонную выточку	Специальный токарно-револьверный автомат на базе 1Б-124	Резец	Шаблон

Продолжение табл. VI.4

Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Средства технического контроля
<i>Агрегатная</i> Сверлить топливо-подводящее отверстие	Специальный многошпиндельный сверлильный полуавтомат	Сверла	Пробка, глубиномер, приспособление для проверки угла
<i>Агрегатная</i> Сверлить и развернуть штифтовые отверстия	Специальный многопозиционный агрегатный станок ХА-77П	Сверло, развертка	Глубиномер, пробка, калибр
<i>Автоматная</i> Обточить сферу и конус носика распылителя	Токарно-револьверный автомат с механизированной загрузкой	Резец	Скоба, шаблон профиля, эталон шероховатости
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать конус и сферу носика распылителя	Специальный шлифовальный автомат	Шлифовальный круг	Шаблон, шаблон профиля, эталон шероховатости
<i>Сверлильная</i> Сверлить топливо-распыливающие отверстия	Специальный двухшпиндельный полуавтомат конструкции ЦНИТА	Сверло	Пробка, эталон шероховатости
<i>Термообработка</i> (газовая цементация)	Специальная печь с автоматическим регулированием и контролем газовой атмосферы	-	-
<i>Электроискровая</i> Обработать отверстие	Шестнадцатишпиндельный полуавтомат для электроискровой обработки типа ЦНИТА 8311	Электрод	Прибор ЦНИТА
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать базовую фаску	Специальный шлифовальный автомат	Шлифовальный круг	Шаблон, эталон шероховатости
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать внутренний торец	Специальный торцевокруглошлифовальный полуавтомат на базе 3Б153Т	Шлифовальный круг	Скоба, эталон шероховатости

Таблица VI.5

Технологический процесс изготовления иглы распылителя

Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Средства технического контроля
<i>Заготовительная</i> Снять фаски на прутке с двух сторон	Точильно-шлифовальный станок 3Б634	Шлифовальный круг	-
<i>Автоматная</i> Обточить конусы	Токарный одношпиндельный автомат продольного точения 1М10В; 1П12	Резцы	Скобы, эталон приспособления для контроля длины, биения и перпендикулярности
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать торец	Специальный торцешлифовальный автомат на базе 60197, приспособление для шлифования, карандаш С2-1	Шлифовальный круг	Приспособления для контроля биения, эталон шероховатости, калибр
<i>Термообработка</i>	Электрические ванны СВС 100/85 и СВС 100/13	Тара	-
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать по профилю (первое шлифование)	Специальный бесцентрово-шлифовальный автомат, нож поддерживающий, упор, карандаш, копир 7054	Шлифовальный круг, ведущий круг	Приборы ЦНИТА 82118, 8243, скоба рычажная D 25 мм, приспособления 8701 и 8731, эталон 8459
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать профиль (второе шлифование)	Специальный бесцентрово-шлифовальный автомат, нож поддерживающий, упор, карандаш, копир 7054, карандаш Ц5-1	Шлифовальный круг, ведущий круг	Приборы ЦНИТА 82118, 8243, скоба рычажная D 25 мм, приспособления 8701 и 8731, эталон 8459
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать поверхность хвостовика и торец	Специальный круглошлифовальный автомат, приспособление 7127	Шлифовальный круг	Скоба, эталон, приспособление на $l=48,3$ мм, приспособление для контроля биения и перпендикулярности, эталон шероховатости.

Продолжение табл. VI.5

Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Средства технического контроля
<i>Доводочная</i> Довести поверхность до D6,02 мм	Специальный плоско-доводочный станок 3Б814, сепаратор 7662, диск доводочный 7669	Паста АСМ5	Приспособление ЦНИТА 8243, 82118, эталон шероховатости
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать поверхность до D3 мм	Специальный шлифовальный автомат, приспособление 7127, карандаш С2-1	Шлифовальный круг	Микрометр рычажный D25 мм, приборы ЦНИТА 82120, 82118, 82122, эталон шероховатости
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать запирающий конус	Специальный шлифовальный автомат, приспособление 7127	Шлифовальный круг	Микрометр рычажный D25 мм, приборы ЦНИТА 82120, 82118, 82122, эталон шероховатости
<i>Доводочная</i> Довести поверхность до D6,017 мм окончательно	Специальный плоско-доводочный станок 3Б814, сепаратор 7662, диск доводочный 7669	Паста АСМ3	Прибор ЦНИТА 8243, эталон шероховатости
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать конус, сферу и носик	Специальный шлифовальный автомат	Шлифовальный круг	Шаблон профиля, шаблон, эталон шероховатости
<i>Термообработка</i> (старение)	Специальная масляная ванна	-	-
<i>Доводочная</i> Довести отверстие	Специальный доводочный трехшпиндельный полуавтомат ЦНИТА 8170В	Притир, паста	Калибр, приборы ЦНИТА, эталон шероховатости
<i>Прочистка</i> Прочистить топливораспыливающие отверстия.	Специальный двухшпиндельный полуавтомат конструкции ЦНИТА	Сверло	Пробка Прибор ЦНИТА
<i>Электроискровая</i> Обработать конус	Специальный шестнадцатишпиндельный электроискровой полуавтомат ЦНИТА 8306	Электрод	Прибор ЦНИТА

Продолжение табл. VI.5

Операция, переходы	Станок, приспособление	Режущий инструмент	Средства технического контроля
<i>Шлифовальная</i> Шлифовать наружный торец окончательно	Специальный тор- цекруглошлифоваль- ный автомат	Шлифоваль- ный круг	Эталон, эталон шероховатости, прибор ЦНИТА
<i>Шлифовальная</i> Шлифование наружной фаски	Специальный автомат	Шлифоваль- ный круг	Шаблон, эталон шероховатости
<i>Доводочная</i> Довести отверстие	Специальный трехшпиндельный по- луавтомат ЦНИТА 8170В	Притир, пас- та	Пробка, эталон шероховатости, прибор ЦНИТА
<i>Доводочная</i> Довести запираю- щий конус	Специальный пяти- шпиндельный полуав- томат ЦНИТА 8451	Притир, пас- та	Глубиномер, эталон, приборы ЦНИТА, эталон шероховатости
<i>Доводочная</i> Довести торец	Плоскодоводочный станок 3806Д	Паста, дово- дочный диск	Глубиномер, эталон, приборы ЦНИТА, эталон шероховатости
<i>Транспортная</i> Транспортировать детали на сборку	Тара	-	-

Предварительное и окончательное зенкерование конуса и обработка глухого отверстия $D\ 1,2$ мм выполняются на полуавтомате роторного типа конструкции ЯЗТА отдельно на двух станках. На некоторых заводах данную операцию выполняют вручную на доводочных бабках или на настольно-сверлильных станках модели НС12. На фирмах “Моторпал”, “Бош” (Германия), САУ и по предложениям фирм “Гильдемайстер”, “Овербек” (Германия), “Альбе” (Швейцария) операции выполняются на многшпиндельных агрегатных станках с одновременной обработкой топливоподводящих отверстий, штифтовых отверстий и расточкой фасонной выточки (кармана) предварительно и окончательно. Обработка фасонной выточки (кармана) производится либо методом расточки на специализированном токарно-револьверном станке на базе 1Б136, 1Б124 со специальной наладкой с поперечной подачей карманного резца за счет его поворота вокруг заданного радиуса, либо электрохимическим способом.

После обработки топливоподводящего и штифтовых отверстий производят электрохимическую зачистку заусенцев и пассивирование на специальном полуавтомате. Обточку наружного конуса и сферы носика выполняют на токарно-револьверном одношпиндельном автомате модели 1Б124 или 1Б125. Фирма “Моторпал” указанную операцию выполняет на специальном автомате, созданном на базе универсального круглошлифовального станка БУА-20 (рис.

VI.1). Обрабатываемая деталь 13 из бункера 1 по лотку 2 направляется толкателем 4 в патрон 6, где базируется по конусу и диаметру 6 мм на штыре 5. Профильная правка круга производится алмазным карандашом по копиру 9 или алмазным роликом.

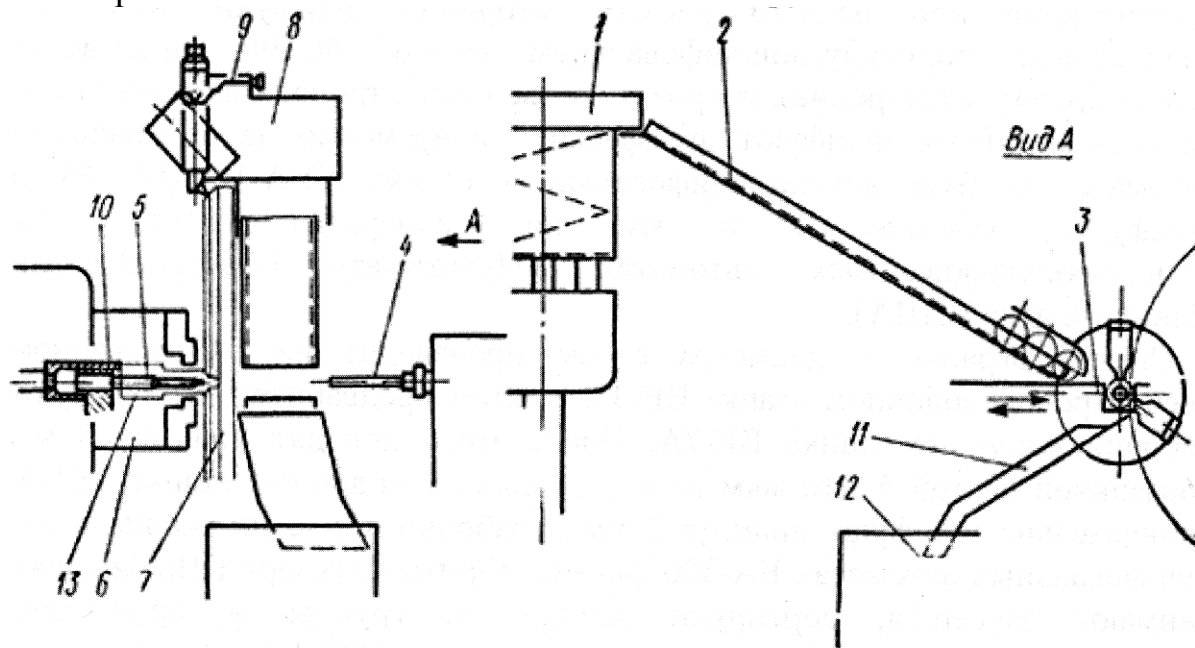


Рис. VI.1. Схема обработки наружного конуса и сферы носика корпуса бесштифтового распылителя на модернизированном станке БУА-20 (ЧССР): 1 - бункер; 2, 11 - лоток; 3 - устройство для ориентирования детали; 4 - толкатель; 5 - штырь; 6 - патрон; 7 - шлифовальный круг; 8 - устройство для правки круга; 9 - копир; 10 - упор; 12 - тара; 13 - обрабатываемая деталь.

Обработка топливораспыливающих отверстий производится сверлением и электроискровым прожиганием. По методу сверления работают большинство отечественных и зарубежных заводов. Термообработка производится методом газовой цементации, что обеспечивает высокое качество. Электроискровая обработка отверстия диаметром 5,9 мм выполняется как предварительная операция для уменьшения припуска перед внутренним шлифованием. Обработка осуществляется на многошпиндельном полуавтомате конструкции ЦНИТА (модель 8310).

Зарубежные фирмы, в частности “Дельта”, “Бош”, CAV эту операцию не производят, а сразу шлифуют отверстие и конус на станках UVA (Швеция), в результате чего увеличивается цикл обработки. После повторного шлифования базовой фаски производят окончательное шлифование наружных поверхностей диаметром 17 и 9 мм и внутреннего торца аналогично предварительной обработке. Снятие заусенцев в топливораспыливающих отверстиях производят сверлом, а зачистку глухого отверстия диаметром 1,2 мм и сферы R 0,6 мм - притиром и абразивной пастой.

На ряде заводов для снятия заусенцев применяют гидрополирование, а также электрохимический способ. После старения и прочистки топливораспыливающих отверстий шлифуют отверстие диаметром 6 мм и конус с одной

установки детали на специальном внутришлифовальном автомате фирмы ЦУА или БЕ38 (Чехословакия). Ряд заводов работает по методу раздельной электроискровой обработки и доводки притирами отверстия и конуса на специальных станках-автоматах конструкции ЦНИТА.

Преимуществом метода шлифования отверстия и конуса корпуса распылителя с одной установки детали является более высокая точность обработки, особенно по обеспечению биения конуса относительно отверстия не более 3 мкм, а недостатками - высокая стоимость оборудования и повышенная трудоемкость обработки.

После окончательного шлифования торца диаметром 17 мм на специальном торцешлифовальном автомате на базе круглошлифовального станка модели 3Е153 доводят запорный конус на специальном полуавтомате конструкции ЦНИТА модели 8451 и производят полировку отверстия диаметром 6 мм на специальном полуавтомате конструкции ЦНИТА модели Д8170.

Доводка торца диаметром 17 мм осуществляется на плоскодоводочном станке 3806 с магнитным прижимом деталей и с непрерывной правкой дисков.

Иглу распылителя изготавливают следующим образом. Заготовку холоднокатаного прутка, обработанного по наружному контуру, получают на автомате продольного точения 1П12 или 1136, обрабатывают хвостовик на токарно-револьверном автомате 1П118 или 1Б124 и подвергают закалке в соляной ванне или вакуумной печи на твердость *HRC* 60 - 65.

После первой операции бесцентрового шлифования профиля на полуавтомате ББ-10 (Чехословакия) шлифуют хвостовик и торец предварительно на специальном круглошлифовальном станке ВЕ-7А отечественного производства или БУА-16 (Чехословакия), вторично шлифуют торец на специальном торцекруглошлифовальном станке 6С196, производят термообработку (старение), второе и третье бесцентровое шлифование - на станках ББ-10, шлифуют две фаски одновременно на специальном автомате на базе круглошлифовального станка БУА-16 (Чехословакия) и шлифуют рабочий диаметр D 6 мм по размерным группам на бесцентрошлифовальных автоматах “Мультимат” (Австрия) или “Цинциннати” (США).

Снятие огранки с диаметра 6 мм производят на отечественном бесцентроводоводочном станке ВЕ-33, а затем предварительно шлифуют рабочий конус на станке ВЕ-7А. После этого доводят диаметр 6 мм абразивной пастой 5 - 10 мкм на вертикально-доводочном станке 3Б814, окончательно шлифуют диаметр 3 мм и рабочий конус на специальных шлифовальных автоматах ЕА-300 фирмы “Фритц Штудер” (Швейцария), снимают заусенцы, сортируют детали на группы и производят окончательную доводку диаметра 6 мм на станке 3Б814 алмазной пастой зернистостью 2 мкм.

На фирме “Моторпал” заготовку иглы распылителя из стали ШХ15 получают из прутка на токарных автоматах А20 с использованием роликовых люнетов. Один рабочий обслуживает четыре станка, цикл обработки 60 - 70 с. После контроля производят подрезку торцов и хвостовика на модернизированных токарных автоматах с вибробункером. Базой является D 6,35 мм и конус на D 2,9 мм. Один рабочий обслуживает два станка, цикл обработки - 0,12 мин.

Закалку и отпуск выполняют в печах с защитной атмосферой. Контроль твердости производят на автоматической приборе, работающем по принципу остаточного магнетизма. После мойки производят бесцентровую шлифовку всего профиля на станках ББ-6 Т08, имеющих два круга, что позволяет одновременно обрабатывать две детали. Загрузка производится вручную с помощью специального поворотного приспособления.

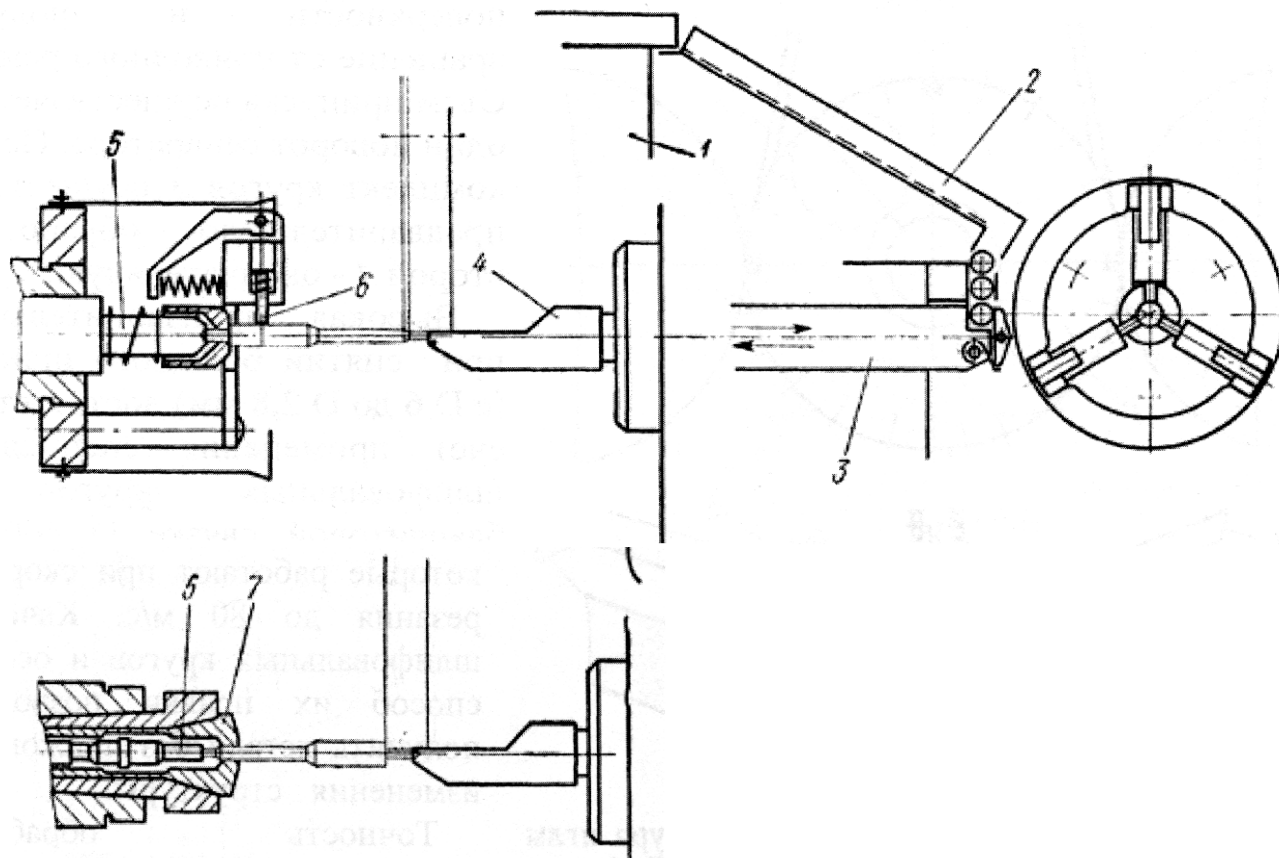


Рис. VI.2. Схема обработки хвостовика иглы на модернизированном круглошлифовальном станке БУА-16 (Чехословакия).

Последующая обработка хвостовика иглы производится на автоматизированных круглошлифовальных станках БУА-16 с соответствующей наладкой (рис. VI.2) в центрах. Деталь из вибробункера 1 по лотку 2 поступает на подающий механизм 3, с которого задним центром 4 поджимается к переднему центру 5 и захватывается поводковым устройством 6 (при шлифовании конуса и цилиндра) или поводковой цангой 7 (при шлифовании хвостовика и торца). После обработки деталь выталкивается и скатывается в отгрузочный бункер. Производительность станка 1400 деталей в смену, один рабочий обслуживает четыре станка.

После искусственного старения производят шлифование диаметра 6 мм в центрах на станках БУА-16; один рабочий обслуживает два станка, цикл обработки 0,25 мин. Доводку D 6 мм осуществляют на специальных доводочных станках конструкции фирмы "Моторпал" пастой МТ-15 или 5Т 2 в зависимости от типа деталей. Предварительное шлифование уплотняющего конуса производят на станках БУА-16, базой является диаметр 6 мм и торец, от которого вы-

держивается размер до конуса. Шлифование диаметра 3,5 мм и нерабочего конуса под углом 60° выполняют на станках БУА-16 с базировкой в центрах по автоматическому циклу в приспособлении. Цикл станка 0,25 - 0,3 мин, один рабочий обслуживает два станка. Окончательная доводка D 6 мм производится на плоскошлифовальном станке, промывка деталей - в бензине. Одновременно в сепараторе доводится 45 деталей. Окончательное шлифование уплотняющего конуса иглы выполняется на станках БУА-16. базой при шлифовании является D 6 мм. Допустимое биение конуса относительно диаметра 6 мм - не более 2 мкм.

Представляет интерес технологический процесс изготовления иглы распылителя, предложенный фирмой "Модлер" (Германия).

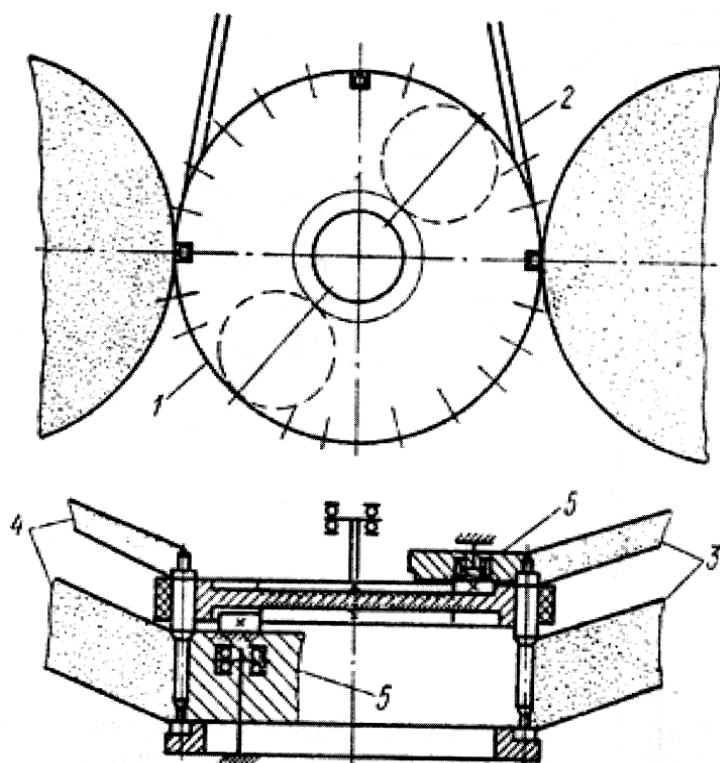


Рис. VI.3. Схема шлифования контура иглы на автомате "Логоматик" MN78/50 фирмы "Модлер" (Германия).

Общая трудоемкость обработки детали по указанному процессу не превышает 1 станко-минуты, расчетная производительность на большинстве операций - 670 дет/ч. Заготовку получают из термообработанного прутка. На месте будущего уплотняющего конуса оставляют технологический базовый пояс, диаметр которого равен диаметру направляющего цилиндра, что позволяет обеспечить высокое качество обработки.

Шлифование части контура иглы выполняется в две операции на станках-автоматах "Логоматик" MN78/50 фирмы "Модлер". Схема обработки на этих станках показана на рис. VI.3. Заготовка автоматически

подаётся в сепаратор, который вращается с небольшой скоростью. Деталь базировается на наружной поверхности и получает вращение от приводного ремня 2. Съём припуска осуществляется за один поворот сепаратора. Первый комплект кругов 3 осуществляет предварительную обработку, а второй - окончательную.

Высокая производительность при снятии большого припуска (с D 6 до D 2,8 мм) достигается за счёт применения специальных шлифовальных кругов на бакелитовой связке D 400 мм, которые работают при скорости резания до 80 м/с. Качество шлифовальных кругов и особый способ их правки позволяют получить детали без прижогов и изменения структуры.

Точность обработки достигается за счёт правки кругов двумя алмазными роликами 5, которые размещены в сепараторе и вращаются планетарно с ним, т.е. за каждый оборот сепаратора производится правка кругов. Комплект кругов для предварительного и окончательного шлифования имеет шаговую подачу,

управляемую устройством, дающим импульсы через определенные промежутки времени.

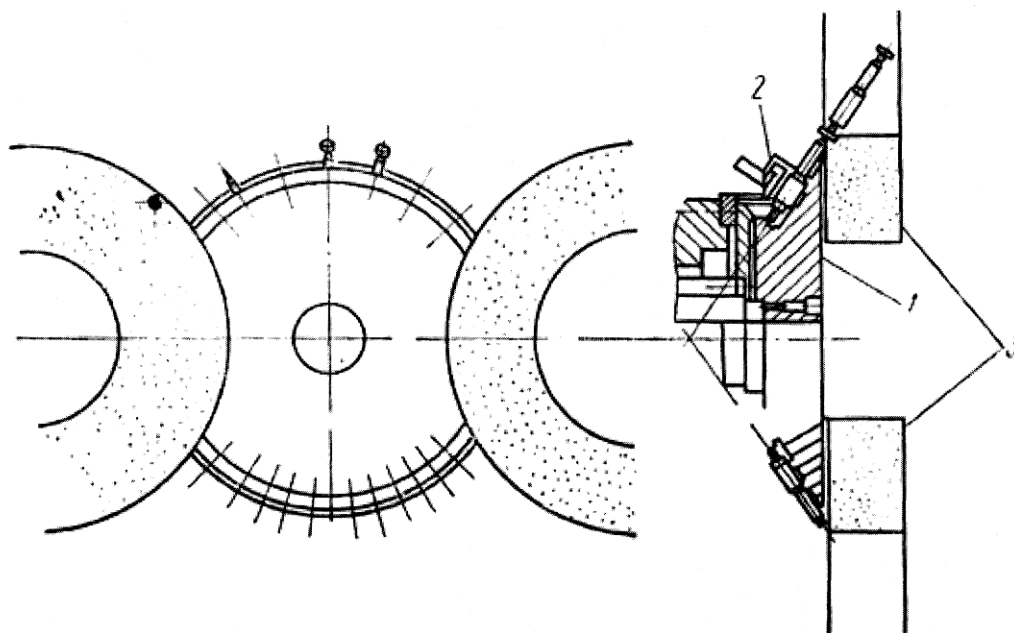


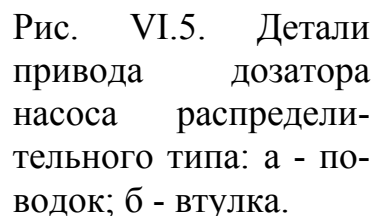
Рис. VI.4. Схема обработки уплотняющего конуса иглы на автомате “Логоматик” MN98/50 фирмы “Модлер” (Германия).

Шлифование уплотняющего конуса производится в две операции и осуществляется на станках-автоматах “Логоматик” MN98/50 фирмы “Модлер”. Схема обработки представлена на рис. VI.4. Обрабатываемые детали поступают на конусную базовую поверхность ведущего диска 1 в ячейки сепаратора, оснащенного твердосплавными пластинами. Детали приводятся во вращение специальным коническим диском 2, упруго прижатым к иглам. С целью интенсивного и равномерного снятия припуска шлифовальные круги 3 установлены под некоторым углом в двух плоскостях. На первом круге осуществляется предварительная обработка, а на втором - окончательная. Процесс построен таким образом, что одновременно шлифуется 10 деталей. Все станки фирмы “Модлер” оснащены бункерными загрузочными устройствами, которые подают детали в ориентированном состоянии к ячейкам сепаратора. Устройства снабжены фотокамерами для подачи команды сбрасывания неправильно сориентированных деталей. После обработки детали отсасываются воздухом из сепаратора и по шлангу направляются в бункер следующего станка.

Бункерные загрузочные устройства рассчитаны на запас деталей в количестве 3000 штук, что обеспечивает работу станка в течение 2,5 ч. Это позволяет при поломке загрузочного устройства устранить неисправность, не прерывая работу всей линии.

Преимуществом предложенных станков является их большая производительность в сочетании с высокой точностью обработки при сравнительно несложной конструкции. В числе недостатков могут быть отмечены: 1) высокая точность ряда быстроизнашивающихся трудоемких в изготовлении узлов (ведущий диск, сепаратор); 2) отсутствие компенсации изнашиваемых базовых поверхностей в сепараторах; 3) консольное крепление правящих средств в сепара-

Приводы дозаторов. Приводы дозаторов семейства насосов распределительного типа НД (для 2-, 3-, 4-х и 6-ти цилиндровых двигателей) конструктивно аналогичны и состоят из двух прецизионных деталей - поводка и втулки (рис. VI.5).



После сверления базового отверстия диаметром 2,5 мм и прочистки двух центровых отверстий последовательно шлифуют в центрах диаметры 6,3 и 5,3 мм, а затем обтачивают выступ на токарно-револьверном станке 1Н318 в специальном патроне с призмой, шлифуют его на круглошлифовальном станке БУА-16 в специальном патроне с призмой, прочищают центровое отверстие,

высверливают лунку, шлифуют поверхность R3 на станке 3Б153 и подвергают заготовки азотированию. Глубина азотированного слоя должна находиться в пределах 0,35 - 0,5 мм, его твердость не ниже HV 850 при хрупкости 2-го класса по Виккерсу.

В дальнейшем на круглошлифовальных станках в центрах последовательно шлифуют смазочную канавку диаметром 6,1 мм, внутренний торец головки, на плоскошлифовальном станке в кассетах - торцы (с переворотом кассеты), на круглошлифовальном станке в патроне окончательно шлифуют выступ диаметром 4ШЗ и притупляют острые кромки по контуру внутреннего торца.

Окончательное шлифование диаметра 5ПР1₃ производят в центрах на специальном круглошлифовальном станке AUG-25-4. Последняя операция механической обработки - шлифование диаметра 6,06^{-0,03} мм в группы через 0,01 мм - также выполняется на станке AUG-25-4. При этом овальность и огранка обрабатываемой поверхности допускаются не более 0,001 мм, а конусообразность - не более 0,002 мм, класс шероховатости поверхности 9. При сдаче деталей на промежуточный склад их подвергают консервации смазкой К-17.

Цилиндрическую заготовку втулки из стали 25Х5М длиной 35 мм отрезают на токарно-револьверном автомате, после чего производят горячую высадку заготовки, максимально приближенную к форме детали. С целью получения сердцевины детали с повышенной твердостью (HRC 22 - 28) осуществляют термоулучшение. После обрубки облоя по контуру на токарно-револьверном станке подрезают торец фланца и обрабатывают отверстия диаметром 5,9Л₃ и 7Л₇. Обработку отверстия диаметром 7А₅ с противоположной стороны детали производят на настольно-сверлильном станке, затем на гидравлическом прессе дорнуют центральное отверстие до диаметра 5,93^{+0,02} мм и сверлят на настольно-сверлильном станке отверстие диаметром 6,7А₅. Обточка по контуру производится на токарно-револьверном станке, при этом заготовка базируется на оправку.

Шлифовку торца фланца осуществляют на плоскошлифовальном станке по 100 шт. заготовок одновременно. После проточки торцев с противоположной стороны, снятия фасок на торце и в отверстии диаметром 7А₅, шлифовки второго торца и размагничивания заготовки подвергают азотированию на глубину 0,35 - 0,5 мм. Твердость азотированного слоя должна быть не ниже HV 850 при хрупкости 2-го класса по Виккерсу.

Предварительную доводку основного отверстия диаметром 5,98^{+0,015} мм производят на специальных вертикально-доводочных одношпиндельных станках пастой М28. Для удаления остатков пасты заготовки подвергают ультразвуковой промывке. В дальнейшем, используя основное отверстие диаметром 5,98 мм как базу, шлифуют наружный диаметр 14Х₃, внутренний торец и профиль канавки. Шлифовку обоих торцов производят поочередно на плоскошлифовальном станке.

Окончательную доводку основного отверстия до диаметра 6,0^{+0,03} мм выполняют аналогично предварительной, но пастой М7, обеспечивая 11-й класс шероховатости поверхности, некруглость отверстия не более 0,0005 мм и кону-

сообразность не более 0,001 мм. При сдаче деталей на промежуточный склад их подвергают консервации смазкой К-17 и заворачивают каждую деталь в парафинированную бумагу. Время хранения после консервации - не более 1 месяца.

VI.3. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА КУЛАЧКОВЫХ ВАЛОВ И КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Кулачковые валы всех типов насосов имеют общие конструктивные признаки по форме элементарных поверхностей, их взаимному расположению, конструкторским базам и различия по длине, количеству кулачков, их профилю, а также по материалу. Валы рядных насосов изготавливают из сталей 45 и 18ХГТ, а распределительных - из стали 18Х2Н4ВА. По конструктивным особенностям кулачковые валы можно условно разбить на две группы: без центрального отверстия и с центральным отверстием. Для кулачковых валов первой группы характерны наличие конусных и посадочных шеек, шпоночных пазов и однотипность профиля кулачков. Конструктивные отличия в пределах группы определяются количеством кулачков, длиной детали (от 244 до 368 мм) и материалом, из которого они изготавливаются. Главное отличие второй группы кулачковых валов от первой заключается в наличии центрального отверстия и в более сложном профиле кулачка. На рис. VI.6 приведен чертеж кулачкового вала насоса распределительного типа.

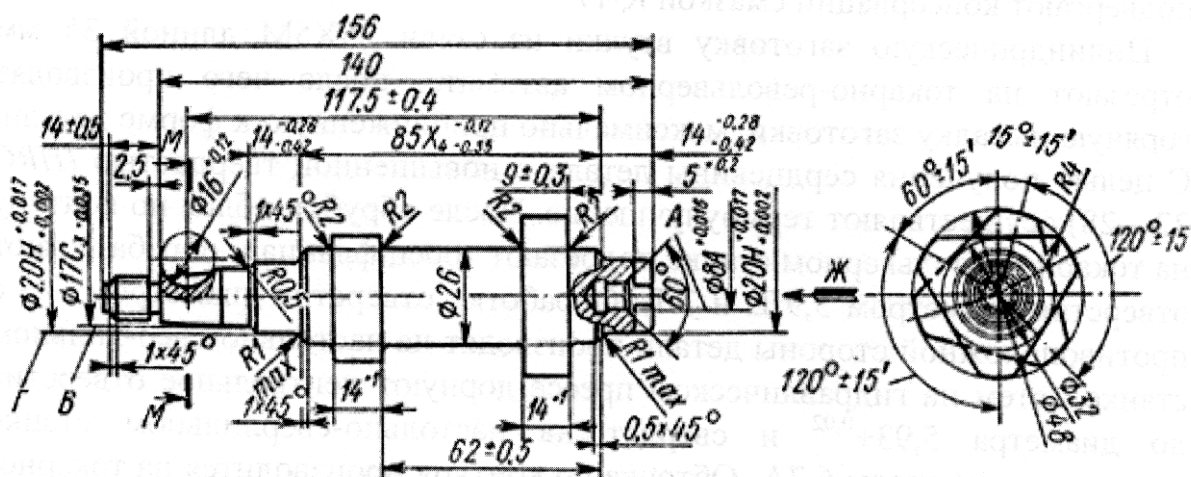


Рис. VI.6. Кулачковый вал топливного насоса распределительного типа.

Изготовление кулачковых валов производят по общепринятой схеме обработки деталей такого типа. Основными базами при механической обработке являются торцовые поверхности и центровые отверстия. Заготовки кулачковых валов первой группы получают методом горячей штамповки с последующей калибровочной штамповкой по профилям кулачков и эксцентрика. Такая заготовка не требует дополнительной операции обтачивания на многорезцовых полуавтоматах. Более перспективным методом получения заготовки является горячая штамповка с калибровкой не только по профилю кулачков и эксцентрика, но и по диаметру шеек между кулачками. Это позволяет ликвидировать операцию об-

тачивания шеек. Механическая обработка заготовок начинается с подрезки торцов и их зацентровки на фрезерно-центровальном полуавтомате МР-75М.

Обтачивание шеек и подрезка торцов кулачков выполняется на многорезцовых токарно-копировальных полуавтоматах 1А730 с применением широких твердосплавных резцов. Такие резцы не оставляют в центре шейки перемычку. При использовании других инструментов эту перемычку приходится удалять на дополнительной операции. Шлифование опорной шейки выполняют на круглошлифовальном станке. Наиболее ответственная операция шлифования профилей кулачков и эксцентрика производится дважды - в сыром виде и после закалки. В качестве оборудования используют специальные копировально-шлифовальные полуавтоматы моделей ХШЗ-01 или ХШ-170. После цементации детали не подвергают закалке, а обтачивают цементационный слой на поверхности под резьбу и конусные шейки, шлифуют опорные конусные шейки, фрезеруют шпоночные канавки. Затем детали закаливают на заданную твердость, шлифуют поверхности под резьбу и накатывают резьбу М14х1,5 на концах вала. Окончательная обработка предусматривает чистовое шлифование шеек диаметром 20 мм на специальном круглошлифовальном станке 3Т151, опорной шейки диаметром 27,5 мм и профиля кулачков на копировально-шлифовальном полуавтомате.

Заготовки кулачковых валов второй группы получают горячей штамповкой. Механическая обработка начинается с фрезерования торцов и получения центровых отверстий на двухстороннем трехпозиционном фрезерно-центровальном полуавтомате барабанного типа модели МР-76АМ. Центровые отверстия в качестве базы используются для предварительной обработки наружных поверхностей. Обтачивание наружных поверхностей кулачкового вала производят на копировальных многорезцовых полуавтоматах повышенной точности модели 1708М. Так как твердость стали 18Х2Н4ВА после термообработки достигается равной *HRC* 40 даже на поверхностях, не подвергаемых цементации, то резьбу накатывают до термообработки. Возможно получение резьбы и шлифованием многониточным кругом на резьбошлифовальном станке. Предварительное шлифование профиля производится до термообработки, что позволяет получить стабильную величину цементированного слоя, а окончательное - после термообработки.

Обработка корпусных деталей. К числу наиболее характерных представителей корпусных деталей топливной аппаратуры, представляющих интерес с точки зрения их обработки, относятся корпуса бесштифтовой форсунки и топливного насоса распределительного типа. Заготовку корпуса бесштифтовой форсунки (рис. VI.7) на отечественных заводах получают методами точного литья или горячей штамповки. Штампованная заготовка по сравнению с литой имеет значительно большие припуски под механическую обработку, но менее пористую структуру. Предприятия ЯЗТА и ЧТЗ используют метод горячей штамповки, ВЗТА, НЗТА и ХТЗ - точного литья, а АМЗ - оба метода. На заводах фирмы "Бош" в условиях мелкосерийного производства заготовку получают из стали 45 на горизонтально-ковочных машинах, а при крупносерийном и массовом изготовлении высадкой из стали 35.

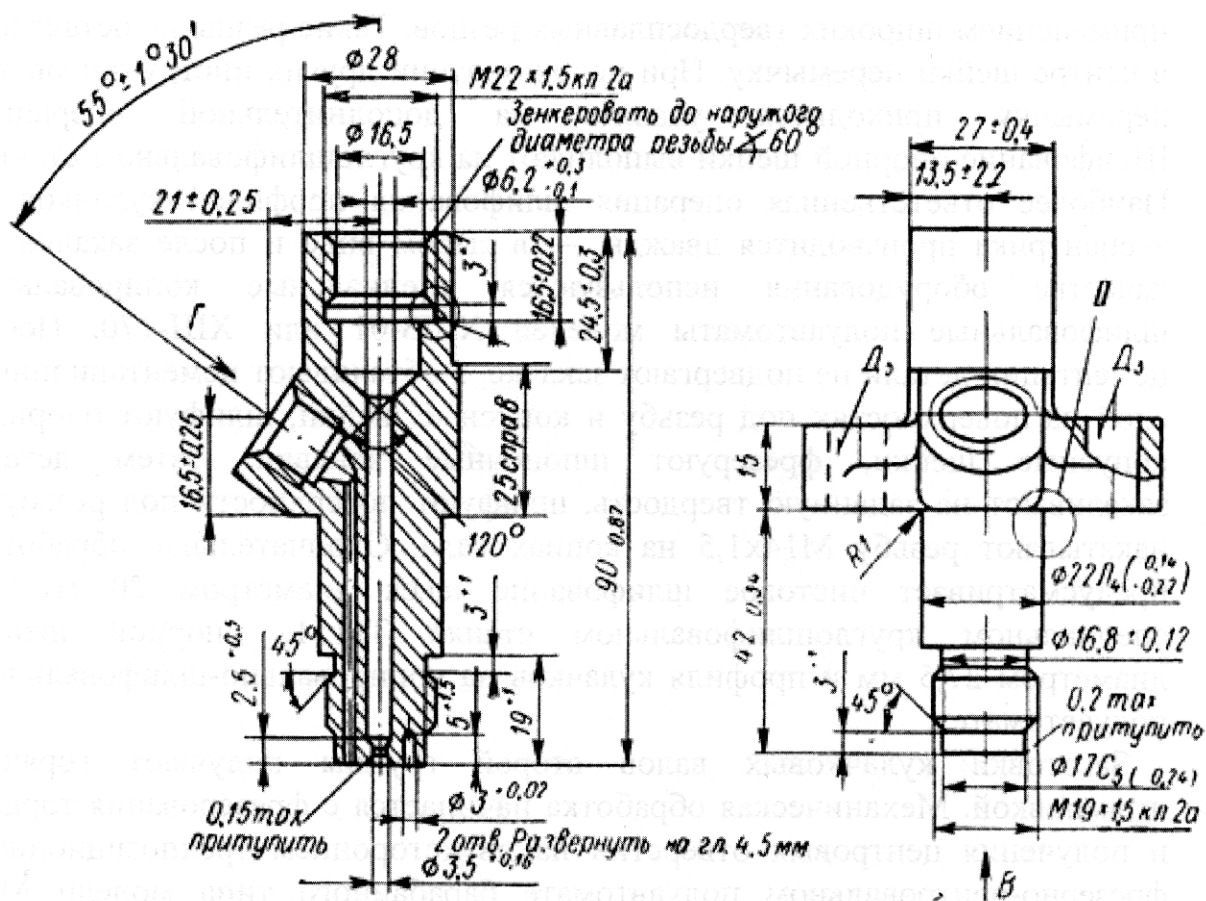


Рис. VI.7. Корпус бесштифтовой форсунки.

Японская фирма “Атака” изготавливает корпус форсунки на автоматической линии с производительностью 720 дет/ч по следующей схеме: а) разрезка прутка на меньшие заготовки на специальных ножницах; б) подогрев в индукционной печи; в) высадка на механическом прессе с автоматической подачей заготовки; г) закалка в специальной печи с последующей дробеструйной обработкой.

Основные технологические маршруты механической обработки заготовки после горячей штамповки на большинстве заводов топливной аппаратуры страны построены по одной схеме. Сначала обтачивают хвостовик, сверлят центральные отверстия диаметрами 6 и 3,5 мм, с базой от которого обрабатывают хвостовик. Затем накатывают резьбу, обрабатывают резьбовое отверстие под штуцер, сверлят топливоподводящее и штифтовое отверстия, после чего торец хвостовика подвергают термообработке, шлифуют и доводят. В отличие от этого маршрута на ЯЗТА штампованную заготовку сначала фрезеруют и центруют на фрезерно-центровальном полуавтомате МР-71, после чего обрабатывают хвостовик и сверлят центральное отверстие. Шлифование и доводка торца выполняются с базировкой на диаметр 22Л₄ и противоположный торец, в то время как на остальных заводах - по резьбе М19х1,5 с упором в торец и диаметром 22Л₄.

Центральное отверстие обрабатывают как на агрегатных станках различных моделей, так и на шестишпиндельных токарных полуавтоматах 1А240П-6. На заводах фирмы “Бош” корпус форсунки обрабатывают со стороны хвостовика.

вика, а топливоподводящее отверстие сверлят на четырехшпиндельном автомате собственной конструкции. Частота вращения сверла составляет 5000 - 6000 об/мин (скорость резания 30 м/мин), производительность - 100 деталей в смену. Заусенцы снимают электрохимическим способом, штифтовые отверстия сверлят твердосплавным пушечным сверлом. Торец закаливают, шлифуют и доводят. По данным фирмы "Бош", суммарная трудоемкость изготовления корпуса хвостовика составляет около 15 мин. На заводах японской фирмы "Атака" хвостовик корпуса форсунки обрабатывают на специальном пятипозиционном токарном станке продольного точения фирмы "Канзаки". Детали с позиции на позицию перемещаются транспортером, обеспечивающим их автоматическую загрузку и выгрузку. Сверление, расточку канавки, нарезание резьбы М16х1,5 и М22х1,5 и зачистку заусенцев выполняют на специальном десятипозиционном станке фирмы "Канзаки" с производительностью 240 - 250 дет/ч. Центральное и штифтовые отверстия сверлят на специальном четырехпозиционном автомате, имеющем производительность 280 дет/ч. Заусенцы снимают путем обдувки влажным абразивным материалом на специальном станке с производительностью 626 дет/ч. Окончательная зачистка заусенцев выполняется на специальной барабанной виброустановке с производительностью 300 дет/ч. Шлифование торца и последующая промывка выполняются также на специальном оборудовании. Общая трудоемкость изготовления в два раза ниже, чем по процессу фирмы "Бош".

На отечественных заводах производят фрезерование и центровку торцов на фрезерно-центровальном полуавтомате типа МР-76АМ, а предварительную обточку хвостовика - на гидрокопировальном полуавтомате 1708. Центральное отверстие сверлят на шестишпиндельном токарном полуавтомате 1А240П-6.

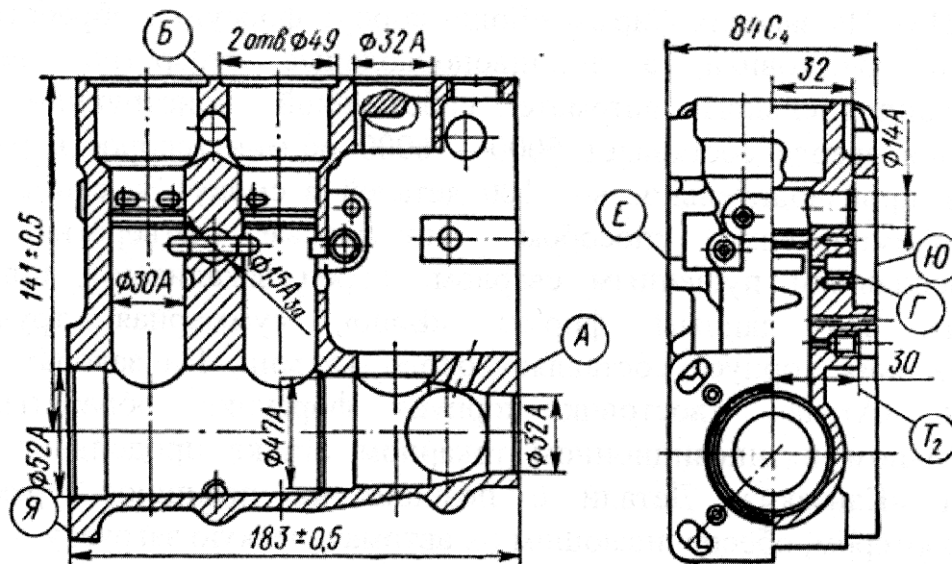


Рис. VI.8. Корпус насоса распределительного типа.

Наружную резьбу М19х1,5 накатывают на специальном станке. Резьбовое отверстие под штуцер обрабатывают на токарных полуавтоматах 1А240П-6, штифтовые отверстия сверлят на агрегатно-сверлильном станке ХА181П. Для сверления топливоподводящего отверстия используют созданный в ЦНИТА

трехшпиндельный сверлильный полуавтомат 8428. Зачистку заусенцев на наружных поверхностях производят виброабразивным методом, а внутренних - электрохимическим.

Заготовку корпуса насоса (рис. VI.8) получают методом литья под давлением. Для создания технологических баз обрабатывают плоскость Б на карусельно-фрезерном станке. После снятия заусенцев последовательно на вертикально-сверлильном станке 2Н118 снимают фаски в отверстиях, зенкеруют литейные приливы и развертывают отверстия. Обработку 12 отверстий, из них восьми резьбовых на плоскости Л, производят на специальном агрегатном станке, после чего на специальном алмазно-расточном агрегатном полуавтомате с вертикальным и горизонтальным расположением шпинделей производят сначала предварительную обработку двух отверстий диаметром 30Л под насосную секцию и окончательную - отверстий диаметром 52Л, 47Л и 32Л - под валик регулятора и кулачковый вал. Расточку отверстия диаметром 49 мм производят на алмазно-расточном станке, затем фрезеруют плоскости Б, Е, Ю, снимают заусенцы, фрезеруют поверхности Г, Т₂, уступ, пазы и на алмазно-расточном станке обрабатывают отверстия диаметром 14Л и диаметром 15Л. Далее с помощью специальных агрегатных станков производят обработку гладких и резьбовых отверстий на различных плоскостях, фрезеруют два окна, окончательно обрабатывают отверстие диаметром 30А раскаткой, снимают заусенцы и моют детали.

VI.4. СБОРКА УЗЛОВ

Сборка деталей в узлы с обеспечением заданной величины зазора может осуществляться методами взаимозаменяемости, компенсации (подгонки) и селективной сборки.

Метод взаимозаменяемости предусматривает, что любая деталь, обработанная в пределах допуска, входит в сборочный узел. При этом все детали взаимозаменяемы, что позволяет осуществлять так называемую сплошную сборку.

При методе компенсации требуемая точность замыкающего звена достигается путем повышения точности обработки одного компенсирующего звена, а допуски на остальные составляющие звенья принимаются экономически целесообразными. Одним из возможных вариантов получения требуемых параметров сборки по методу компенсации является регулировка замыкающего звена.

Метод селективной сборки предусматривает сортировку деталей на группы в пределах производственного допуска с последующей сборкой узлов по заданным группам. Этот вид сборки применяется, в основном, при крупносерийном и массовом производстве и в случае высокой точности замыкающего звена размерной цепи. Применение метода селективной сборки может оказаться весьма эффективным в сочетании с методами взаимозаменяемости и компенсации.

При сборке прецизионных узлов дизельной топливной аппаратуры нахо-

для применения методы компенсации и селективной сборки, а также их комбинации. В последнее время наибольшее распространение получил метод селективной сборки.

Сборка по методу селективного подбора по группам обеспечивает высокие эксплуатационные качества прецизионных узлов - долговечность, надежность и стабильность рабочих характеристик. Селективная сборка в условиях крупносерийного и массового производства может быть осуществлена только при высокой культуре производства, строгой технологической дисциплине и необходимом уровне метрологического обеспечения.

Характерным примером может служить технологический процесс селективной сборки деталей плунжерной пары насоса распределительного типа НД. Ввиду того, что по техническим условиям требуется обеспечить весьма малые диаметральные зазоры (в сопряжении втулка - плунжер 0,4 - 1,5 мкм и в сопряжении дозатор - плунжер 0,2 - 1,3 мкм), сортировка этих трех деталей на группы производится через 0,5 мкм.

Для сортировки плунжеров используют оптикаторные головки с ценой деления 0,1 мкм, а для сортировки втулок плунжера и дозаторов - специально созданные приборы ЦНИТА. Сборку рассортированных по группам деталей в сборочный узел производят вручную с обеспечением самоопускания плунжера во втулку, после чего осуществляют контроль гидравлической плотности пары. При стабильном обеспечении диаметральных зазоров контроль гидравлической плотности может производиться выборочно.

Одной из разновидностей метода селективной сборки является сборка деталей в пару с обеспечением регламентированного зазора. Как и при селективной сборке, детали обрабатывают с высокой точностью размера и геометрической формы и предварительно сортируют на группы. Перед сборкой обе сопрягаемые детали одновременно подвергают замеру на специальном приборе, имеющем две измерительные позиции - два отверстия и два вала. По разности показаний приборов судят о зазоре. Если зазор меньше или больше заданного, то одну из деталей заменяют. По этому способу производят сборку прецизионных пар на фирме "Моторпал" (ЧССР), используя пневматические приборы итальянской фирмы "Марпосс". Дальнейшим развитием этого метода является сборка прецизионных пар с использованием ЭВМ, при которой осуществляется подбор деталей в пару по индивидуальным размерам отверстия и вала. Схема подбора прецизионных деталей в пару с применением ЭВМ приведена на рис. VI.9.

Результаты измерения отверстий и валов на специальных устройствах кодируются с помощью аналого-цифрового преобразователя и записываются перфоратором на перфоленту. После ввода перфолент с записью размеров и адресов каждого отверстия и вала в ЭВМ, последняя с помощью цифropечатающего устройства выдает координаты (адреса) деталей, которые могут быть собраны в пару. Дальнейшая задача сводится лишь к извлечению деталей из накопителя и их совместной сборке.

Сборка деталей с индивидуальной подгонкой (совместной притиркой) содержит в себе элементы метода селективной сборки и компенсации. Сначала

детали сортируют по размерным группам, затем комплектуют в пару с небольшим натягом (0,003 - 0,005 мм), после чего подвергают совместной притирке. Необходимость введения операции совместной притирки вызвана недостаточной точностью геометрической формы сопряженных поверхностей, что не позволяет производить селективную сборку. Совместная притирка деталей может выполняться как вручную, так и механизированным способом с применением абразивных, алмазных и эльборовых паст.

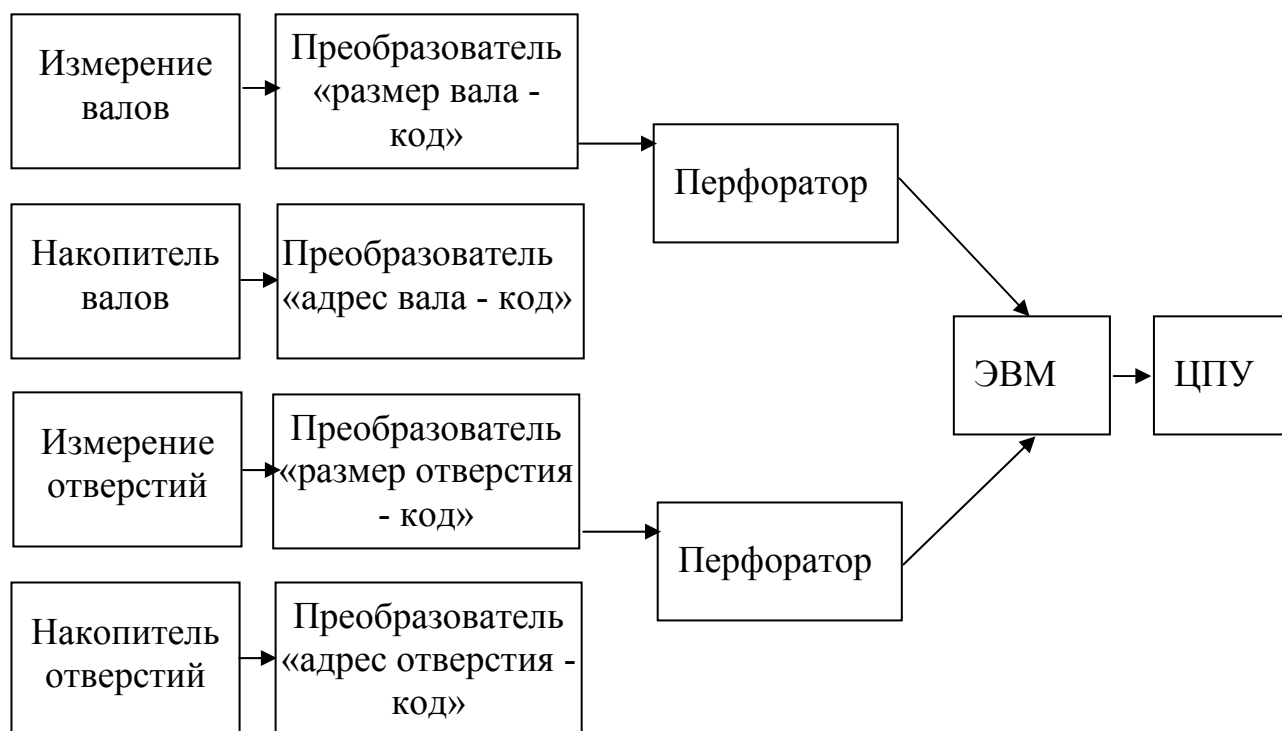


Рис. VI.9. Схема подбора прецизионных деталей в пару с применением ЭВМ.

Из порошков синтетических и натуральных алмазов зернистостью 1 мкм созданы пасты для выполнения операции совместной притирки деталей плунжерной пары топливного насоса тракторного дизеля. Состав алмазной пасты (в %): алмаз АМ1 или АСМ1 - 0,5; окись алюминия М1 - 2,0; олеиновая кислота - 35,0; стеарин - 20,0; костное масло - 26,5; керосин - 16,0. Материал деталей плунжерной пары (плунжера и втулки) сталь ХВГ, твердость *HRC* 60 - 62, номинальный размер сопряженных поверхностей 8,5 мм.

При использовании алмазных паст взамен абразивных производительность труда повышается на 30 - 40%, процент годных пар увеличивается, класс шероховатости сопрягаемых поверхностей повышается (на 1-2 разряда). Расход пасты (на 1000 плунжерных пар) составляет: пасты из окиси алюминия - 250 г, алмазной пасты - 60 г (1,5 карата алмаза).

Эффективность применения паст из синтетического и натурального алмазов примерно одинакова. Увеличение процентного содержания алмаза от 0,5 до 1% и более не дает положительных результатов вследствие возрастания усилия притирки, а также трудностей по обеспечению постепенной приработки сопрягаемых деталей.

Механизированная взаимная притирка деталей клапанной пары (седла и

клапана) по конусу под углом 90^0 производится на специальной магнитовибрационной установке. Одновременно притирается шесть клапанных пар, причем один рабочий может обслуживать две-три установки. Для притирки используется паста ЭБМ5 с содержанием абразива 17%. По сравнению с ручной притиркой производительность труда выше в 2 раза. В настоящее время совместная притирка прецизионных деталей все больше вытесняется селективной сборкой и комплектным шлифованием.

При методе комплектного шлифования компенсирующим звеном обычно является наружная цилиндрическая поверхность прецизионной пары. Сущность этого метода заключается в том, что по размеру отверстия, например, втулки плунжера с заданным зазором (1 - 3 мкм), шлифуется сопрягаемая поверхность плунжера. Операция производится на шлифовальном станке - полуавтомате высокой точности, оснащенном измерительно-управляющей системой, которая осуществляет активный контроль размера обрабатываемой детали (плунжера), сравнение его с размером отверстия сопрягаемой детали (втулки плунжера), а

также управление станком по заданному режиму.

Для комплексного шлифования прецизионных пар применяют станки фирмы «Фритц Штудер» (Швейцария), оснащенные устройством «Дельталимит» (рис. VI.10), включающим измерительный прибор «Монолимит» 1 для активного контроля шлифуемой детали, измерительный прибор типа «Интерлимит» 5 для измерения отверстия сопрягаемой детали и измерительно-регулирующий прибор 4 для управления процессом шлифования. Обрабатываемая деталь 2

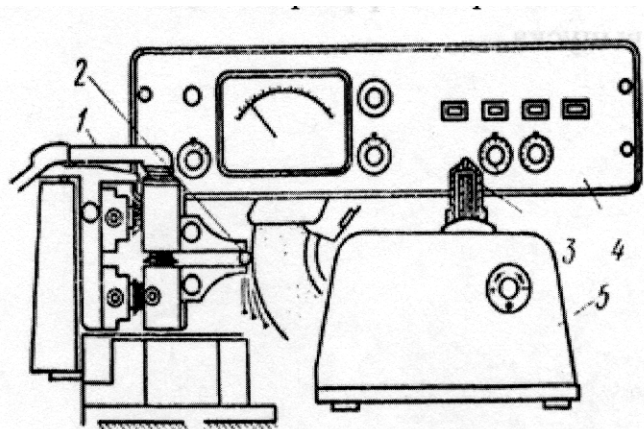


Рис. VI.10. Схема устройства «Дельталимит» к станку фирмы «Фритц Штудер» (Швейцария) для комплектного шлифования.

устанавливается в центрах шлифовального станка, а сопрягаемая деталь 3, по размеру которой ведется обработка, - на измерительной позиции прибора 5.

Комплектное шлифование особенно эффективно при большой номенклатуре изделий и сравнительно невысокой серийности производства. По этому методу производят комплектование пары привода дозатора насоса распределительного типа НД, плунжерных и клапанных пар.

ГЛАВА VII

КОНТРОЛЬ ТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ

VII.1. ОТКЛОНЕНИЯ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

В практике контроля прецизионных деталей гидроаппаратуры применяют индикаторные скобы, оптикаторы (01П, 02П, 05П), микрокаторы (01-ИГП, 02-ИГП, 05-ИГП). Отклонения от заданной формы устанавливаются по данным замеров в нескольких сечениях. Огранка определяется на универсальных приборах как разность в показаниях h (наибольшее минус наименьшее) при повороте детали на призме, так $E_3 = h_{60} / 3$ (для трехгранных деталей); $h_{90} / 2$ (для пятигранных деталей); цифры 60 и 90 условно обозначают угол принятой призмы.

Для трехгранных и пятигранных деталей рекомендуется призма с углом в 90° . Для деталей с 8, 9, 15-ю гранями рекомендуется призма с 60° , огранка при этом увеличена трехкратно ($h_{60} / 3$). Производительным контролем диаметров прецизионных деталей является применение пневматических приборов, состоящих из измерительного узла и отсчетного устройства, одновременно производящих измерение в нескольких сечениях, многоблочные приборы определяют 2 - 10 размеров. Наладка приборов производится по эталонным деталям - образцам, имеющим точность 0,2 - 0,3 мкм.

Проверку диаметра и формы отверстия производят универсальными высокоточными приборами, калибрами и пневмоприборами. Отсечные устройства имеют цену деления в 0,001 мм. Головки приборов настраиваются по концевым мерам и установочным кольцам.

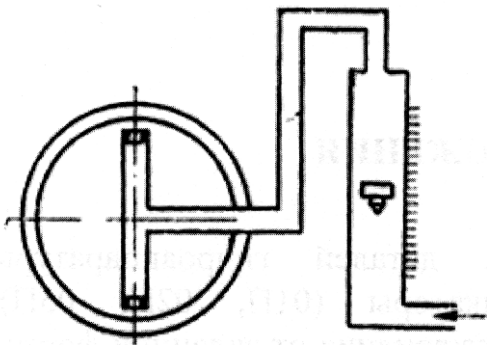


Рис. VII.1. Схема проверки размера и формы золотника.

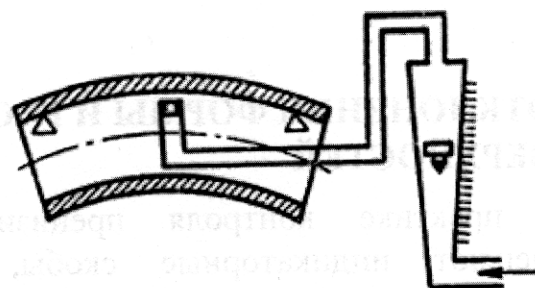


Рис. VII.2. Схема проверки изогнутости оси детали.

Жесткие калибры для контроля центрального отверстия выполняют с допуском 0,2 - 0,5 мкм, но работа с ними имеет ряд недостатков - невозможно установить отклонения от номинала. Измерение прецизионных деталей с помощью пневматических приборов дает более высокую скорость обмера и точностные результаты - 0,0005 мкм. На рис. VII.1 приведены схемы контроля деталей пневматическими бесконтактными приборами (рис. VII.2). Сопло на рис. VII.1 представляет собой щель шириной 0,1 - 0,3 мм; гильза поворачивается и

определяется расстояние от гильзы сопла; точность измерения по схеме, приведенной на рис. VII.2, составляет 0,5 мкм. Точность измерения отклонений формы и размеров, записываемых прибором Г18, составляет 0,1 мкм.

Радиальный зазор в прецизионных парах плунжеров, золотников и дросселей определяется прибором ППЗ-2, работающим по пневматическому дифференциальному способу с точностью до 0,005 мм. Это дает возможность подбирать по зазору пары.

Подбор комплекта золотника. Плоские золотниковые распределители комплектуют по перекрытиям с помощью микроскопов УИМ-21, с отклонением от номинала 0 - 0,02 мм. Цилиндрические распределители комплектуются при использовании различных средств контроля: оптических, пневматических, механических. Расстояния между отсекающими кромками определяют производственным пневматическим прибором, схема которого приведена на рис. VII.3. Определяются размеры гильзы В и D, гильзу устанавливают на пневмокалибр 1. Поворотом детали на калибре устанавливают кромки отверстий, в кромке С имеется зазор, в который проходит воздух. Устанавливая кольцо необходимого размера, определяют В. На рис. VII.4 показана схема оптического метода контроля проходных щелей. Гильзу 5 устанавливают на стол, микрометрическим винтом совмещают отсекающую кромку с сеткой окуляра, на лимбе микрометрического винта производится отсчет; размеры длинных деталей определяются с помощью концевых мер. Точность измерения при этом составляет $\pm (0,01 - 0,015)$ мм. Известно, что отверстия, обработанные электроискровым методом, имеют конусообразность, сужение в направлении выхода инструмента на внутренней кромке щели на величину 0,02 - 0,03 мм при длине отверстия 0,6 - 1,0 мм.

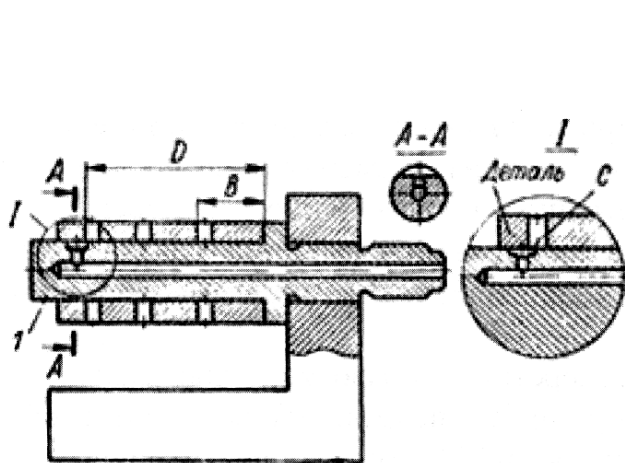


Рис. VII.3. Схема пневматического контрольного прибора для определения расстояния между отсекающими кромками золотника.

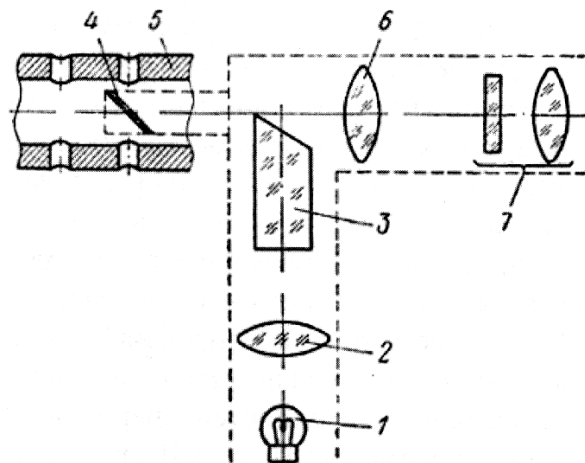


Рис. VII.4. Схема оптического метода контроля проходных щелей: 1 - лампочка; 2 - конденсатор; 3 - призма; 4 - зеркало; 5 - гильза золотника; 6 - объектив; 7 - окуляр.

Так как получить точную сборку по перекрытию затруднительно, то оставляют предварительный припуск на рабочих поясах в 0,005 - 0,015 мм, который снимается при проверке гидравлической характеристики. Кроме того,

комплектование гильзы и золотника производят на универсально-шлифовальном станке, на втором столе станка имеется другая оптическая система измерения, позволяющая контролировать копирование в обработке.

Гидравлическая проверка золотников сопл и дросселей. Кроме метрологических данных о качестве отсекающих кромок, форме золотника и гильзы, зазоре, гидравлической проверкой устанавливают перепадные и расходные характеристики изделия, зону нечувствительности его, трение покоя и др.

Сопла или дроссели комплектуют таким образом, чтобы различие расходов в каждой паре не превышало 3 - 10%. В процессе комплектования устанавливают расходные характеристики двумя способами: отдельного сопла и двух сопл вместе.

Общая суммирующая ошибка расходной характеристики при первом способе складывается из ряда погрешностей: манометра, отсчета, изменений температуры манометра и рабочей жидкости, зазора сопло-золотника, измерений расхода рабочей жидкости, с отсчета времени и др.

Суммирующая ошибка при втором способе состоит из погрешностей: зазора сопло-золотника (технологическая), расхода рабочей жидкости, различия в гидравлических сопротивлениях каналов, передача давления и др.

VII.2. ИЗМЕРЕНИЕ ФОРМЫ ДЕТАЛЕЙ И ШЕРОХОВАТОСТИ ОБРАБОТАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Контроль деталей. Развитие прогрессивной технологии обработки и сборки точных узлов в производстве гидро- и пневмоаппаратуры, точном арматуростроении зависит от уровня средств измерения и методов контроля.

По данным литературных и производственных источников, исследований различных организаций был проведен анализ приведенных ниже метрологических решений.

С целью снижения гидравлического сопротивления, времени срабатывания, улучшения плавности регулирования изменяют форму уплотнительных поверхностей, сочетая плоские, конические, цилиндрические и сферические образования. Якушев А.И. приводит единую классификацию погрешностей геометрических параметров; по этой классификации к нулевому порядку относятся диаметральные цилиндрические, конические, сферические, угловые, клиновые сопряжения уплотнительных поверхностей запорных узлов уплотнений. К первому порядку погрешностей относится несовпадение геометрических центров и осей уплотнительных поверхностей; ко второму порядку погрешностей - некруглость, нецилиндричность, неплоскостность уплотнительных поверхностей; к третьему и четвертому порядкам относятся шероховатость и волнистость поверхностей.

При рассмотрении профиля уплотнительной поверхности в увеличенном виде можно установить, что в зоне контактирования их имеет место касание поверхностей, шероховатости которых имеют следующие условные параметры (рис. VII.5): t - шаг погрешностей; h - величина погрешностей; Δ - расстояния

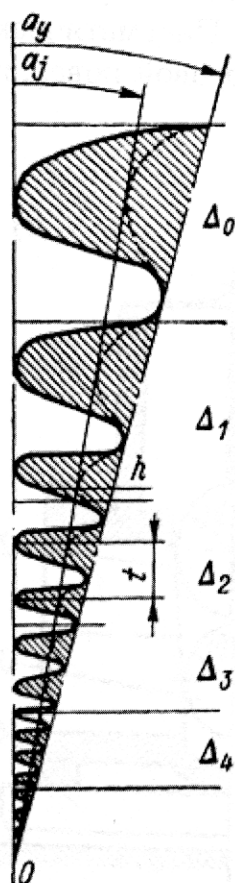


Рис. VII.5. Профиль уплотнительной поверхности.

между вершинами гребешков; α_y - угол сочленения, возникающий вследствие прижима поверхности.

Затворы задвижек бывают с плоским клиновым и плоским параллельным уплотнением. В состав затворов каждого типа входят три группы: а) с жесткими запорными органами (наиболее трудоемкие и с большим количеством геометрических параметров); б) с упругим двухдисковым запорным органом; в) с самоустанавливающимися запорными органами.

В нормативной документации, предназначенной для обработки и сборки задвижек, шаровых кранов и пр., все еще имеют место различные системы в построении допусков, а ряд параметров не указан в стандартах и технических требованиях. К основным параметрам, отраженным в стандартах, относятся габариты, присоединительные размеры, материал, приводные устройства, состояние поставки. Окончательно еще не установлены технические требования на качество запорной арматуры, точности, обработки деталей, сборки, монтажа.

В имеющейся конструкторско-технологической документации параметры точности не всегда имеют конкретную характеристику. Качество поверхности уплотнения задается в пределах 8 - 10 классов шероховатости, обеспечиваемое притиркой, без учета взаимосвя-

зи между герметичностью (по ГОСТ 9544-60) и шероховатостью и физико-механических данных в эксплуатации изделий, а отклонения форм и расположения уплотнительных поверхностей принимаются, как правило, равными половине поля допуска угловых и линейных размеров. Следует же погрешность формы определять в зависимости от параметров и допусков, принятых в изделии. Погрешности угловых и линейных размеров не учитывают их назначения. Поэтому на сборке имеют место значительные подгоночные работы, что приводит к снижению надежности и долговечности изделий в эксплуатации.

Перечисленные факторы требуют создания таких условий, которые бы обеспечили управление качеством изделий, как в процессе их изготовления, так и эксплуатации. Известно, что существует взаимосвязь между герметичностью и шероховатостью уплотнительной поверхности, материалов уплотнений, физико-механических свойств среды: $Q = f(E; \Delta_0, \Delta_1, \Delta_2, \Delta_4)$, где Q - герметичность в условиях эксплуатации; E - конструктивные и физико-механические параметры; Δ_0 - погрешность параметров линейных и угловых; Δ_1 - погрешность расположения; Δ_2 - погрешность формы; Δ_4 - шероховатость поверхности.

Таким образом возможно устанавливать функциональные допуски в зависимости от эксплуатационных, геометрических, физико-механических пара-

метров для конкретных условий работы уплотнительного узла.

Методы и средства измерения элементов узла. При выборе методов измерений важно точно определить фактор, подлежащий контролю. Известны принципы инверсий и предельных погрешностей измерения. По первому принципу учитываются процессы обработки, измерения, эксплуатации. Решающим фактором является эксплуатация, но обработка резанием, способ измерения и относительное движение сопрягаемых уплотнительных поверхностей взаимосвязаны и поэтому подлежат постоянному рассмотрению.

Таким образом, правильным будет измерение, которое обеспечивает совпадение траекторий движения формообразующего инструмента и контрольного прибора, а также направлений действия контрольного прибора с эксплуатационным движением и единство контрольных и рабочих баз.

Допустимые погрешности измерений определяются в результате комплексного решения вопроса о выборе средств измерения; они связаны с функциональными допусками и составляют часть от них. Известно, что погрешности зависят также от измерительных средств, отклонений геометрической формы, усилий, температуры, субъективных факторов и др.

Измерение и контроль угловых параметров. Значительные трудности имеют место при измерении углов в клиновых полостях задвижек, в корпусах

конических кранов, углов в корпусах уплотнений, седел шаровых кранов, некоторых вентилях. Известны три способа измерения углов: тригонометрический, гониометрический и способ сравнения с жесткими образцовыми угловыми мерами.

При первом способе измеряют линейные отклонения и расчетом определяют углы, существуют синусные и тангенциальные схемы, рекомендуется ряд приборов и заводских приспособлений.

Пневматическая головка для наружных конусов: на краевых сечениях базовой поверхности головки встроены сопла, каждое из них имеет свою отсчетную шкалу с водяными манометрами, разность уровней в которых дает результат замера; настраивается прибор по заранее аттестованному конусу. Применяется в цеховых условиях для измерения углов в деталях с малыми диаметрами.

Универсальный угломер имеет предел измерений $0 - 320^{\circ}$, отсчет по нониусу $2'$; применяется для замера внутренних углов клиновых задвижек.

Микрометрический уровень завода "Калибр" для определения малых значений

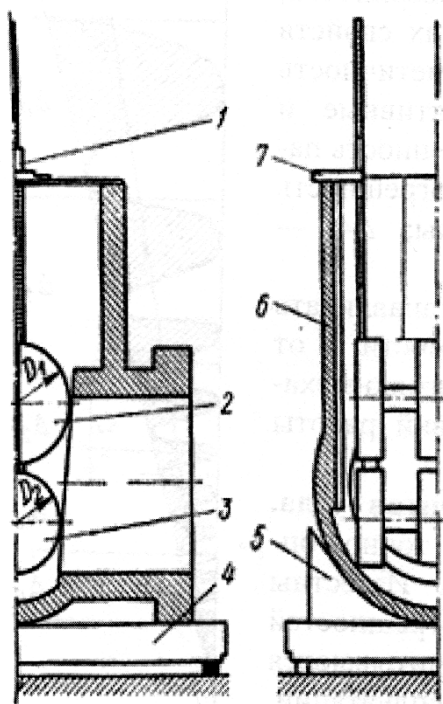


Рис. VII.6. Измерение угла в корпусе клиновой задвижки угломерной скалкой: 1 - штанген-глубиномер; 2, 3 - угломерные скалки; 4 - поверочная плита; 5 - клиновые упоры; 6 - корпус клиновой задвижки; 7 - контрольная линейка.

углов состоит из ампулы с изогнутой внутренней поверхностью определенного радиуса, базирующей основание корпуса. Предел измерений $\pm 1^{\circ}43'$. Рекомендуется для измерения в условиях цеха и в лабораториях углов затворов клиновых задвижек с использованием аттестованных клиновых плит.

Синусные линейки имеют погрешность $\pm 6'' - \pm 15''$ при контроле углов до 45° . Измерение производится в лабораторных условиях на опорной плите роликами с помощью индикаторной стойки и концевых мер длины.

Угломерные скалки УС200 - УС400 (рис. VII.6) используются для контроля углов клиновой полости в корпусах задвижек и расположения уплотнительных поверхностей. Угломерные скалки из стали ШХ15 закалены и отпущены до *HRC* 58 - 60. Точность аттестации скалок, проведенной на большом инструментальном микроскопе, 0,0005 мм, допустимая некруглость их до 2 мкм, нецилиндричность на всей длине до 4 мкм.

Проверяемый корпус устанавливают на плиту с помощью клиновых упоров. Затем внутрь корпуса вставляют скалку малого диаметра D_1 . Штангенглубиномером измеряют расстояние от жесткой контрольной линейки до скалки, затем, аналогично этому, определяют размер до скалки D_2 большего диаметра. Половину угла подсчитывают по формуле:

$$\sin \alpha / 2 = (D_1 - D_2) / 2L,$$

где $L = (B_1 - B_2) - D_1 - D_2 / 2$, мм.

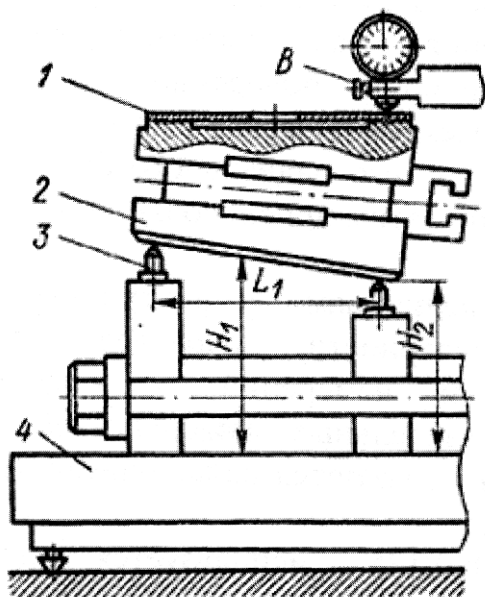


Рис. VII.7. Устройство У200/400 для измерения угла клина задвижки: 1 - шаблон; 2 - контролируемый клин; 3 - центральная опора; 4 - поверочная плита.

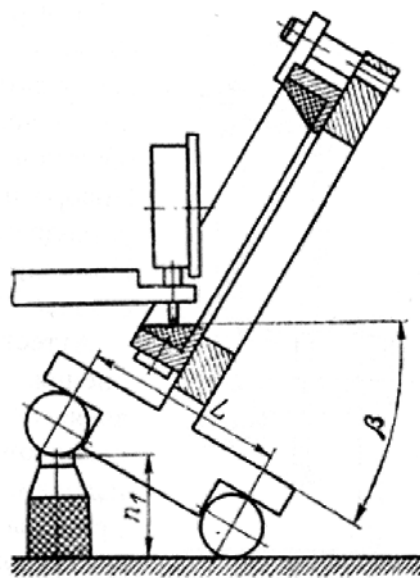


Рис. VII.8. Приспособление УП80/125 для измерения угла сидел шарового крана.

На рис. VII.7 показано угломерное устройство У200/400 для измерения угла и расположения уплотнений клина $D_y = 200 - 400$ мм. На центральной базовой опоре укладывается контролируемый клин, индикатор показывает отклонения в любой точке проверяемой поверхности. Как видно из рисунка, номинальный угол определяется по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha_H = (H_1 - H_2) / L_1.$$

Отклонение угла от номинала рассчитывается по формуле:

$$\sin \beta = (B_2 - B_1) / L_{III},$$

где B_1 - отклонения в точке B (показания индикатора), мм; B_2 - отклонения в точке A , мм; L_{III} - расстояние между отверстиями шаблона (аттестованное), мм.

Погрешность такого устройства составляет $\pm 20''$. Приспособление УП80/125 (рис. VII.8) используют для контроля внутреннего угла в конических седлах шаровых кранов и радиального биения наружной поверхности седла по цилиндру к поверхности уплотнения. Приспособление устроено по синусной схеме. На два радиальных подшипника устанавливается контролируемая деталь, зажимаемая гайкой с пружинной шайбой и шпилькой с прижимной планкой.

Под калиброванный валик основания помещают микрометрический барабанчик, при вращении которого столик наклоняется до получения однозначных показаний индикатора на всей ширине уплотнений.

Угол β определяют по формуле: $\sin \beta = h_1 / L$. После этого микрометрическое устройство помещают под другой валик и определяют угол γ при условии получения параллельности верхней образующей к поверхности поверочной плиты. Поворотом проверяемого седла на 90° устанавливают величину его радиального биения. Погрешность измерения этим приспособлением составляет $\pm 40''$.

Аттестация по величинам эксцентриситета, биения, перпендикулярности, параллельности является результатом измерений отклонений расположения уплотнительных поверхностей в изделии. При этом используются ранее описанные приборы и устройства.

Устройство ЭЦ80/125 используется для определения эксцентриситета расположения расточек для посадок седел шаровых кранов (рис. VII.9). Корпус крана, установленный в устройство, центрируется специальными винтами, за-

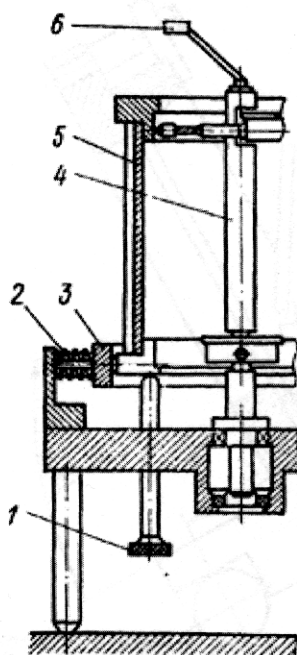


Рис. VII.9. Устройство ЭЦ80/125, определяющее эксцентриситет расточек для посадки седел в корпусах шаровых кранов: 1 - винт вертикальной координаты; 2 - валики направляющие; 3 - пружины; 4 - вал центральный; 5 - корпус шарового крана; 6 - индикатор часового типа.

тем координируется в горизонтальной и вертикальной плоскостях. После этого, повернув рукояткой центральный вал, по нижнему индикатору находят эксцентриситет второй расточки сравнительно с первой.

Погрешности формы уплотнительных поверхностей. Известно, что кольцевые уплотнения бывают плоского, конического и сферического профилей. Погрешности формы определяют двумя типами приборов: а) интегральной оценки, когда получают среднюю арифметическую объемного зазора: поверхность уплотнения - эталонная поверхность прибора; эта оценка дает количественные показатели погрешности формы - несферичности, неплоскостности, отклонения от конусообразности - и используется в цеховых условиях; б) дифференциальной оценки, которая дает кроме величины рельефа поверхности, т.е. качественный показатель, характеризующий герметичность.

Погрешности формы устанавливают также и другими, нижеприведенными методами: а) контроль “на краску” по пятну контакта; точность метода низкая, применяется в цеховых условиях; б) контроль линейных отклонений, определяет как величину, так и рельеф отклонений.

Используемые приборы: рычажно-механические с индикаторными головками, точность метода $\pm 2,5$ мкм; щуповые - наконечники ощупывают поверхности детали, сигналы преобразуются в электрические, точности метода $\pm 0,5$ мкм.

Емкостный метод основан на изменении емкости конденсатора. Контролируемая и опорная поверхности являются обкладками конденсатора; погрешность формы поверхности детали вызывает в этом случае колебания электрической емкости. Точность емкостного метода 0,01 - 0,1 мкм.

Неплоскостность уплотнительных плоских кольцевых и запорных поверхностей корпуса и задвижек определяют методом линейного отклонения с помощью макропрофилометра, показанного на рис. VII.10. Прибор опорами устанавливается на проверяемую поверхность, регулировкой болтов получают равные показания индикатора в трех точках, затем, поворачивая индикаторную штангу, измеряют отклонения в различных точках, данные замеров заносят на макропрофилограмму рельефа. Затем, суммируя величины наибольших отклонений положительных и отрицательных, получают величину неплоскостности. Точность измерения, проведенная с помощью такого профилометра, ± 2 мкм. Этот способ применяется в цеховых условиях.

Индикаторный кругломер ИЗ 100 (рис. VII.11) используется для замера уплотнительной поверхности сферического затвора. На контролируемую поверхность сферического затвора помещается кругломер, при повороте кругломера в 36 точках замеряют отклонения формы и по результатам измерений строят круглограмму. Настройка прибора производится по сфере-калибру; точность измерений $\pm 2,5$ мкм.

Емкостный микропрофилометр состоит из емкостного преобразователя коммутирующего устройства и показывающего прибора. Зазор между обкладками конденсатора при погрешности формы детали преобразуется в электрическую емкость. Процесс измерения автоматизирован. Рекомендуются для использования в цеховых условиях. Точность измерения до 0,1 мкм.

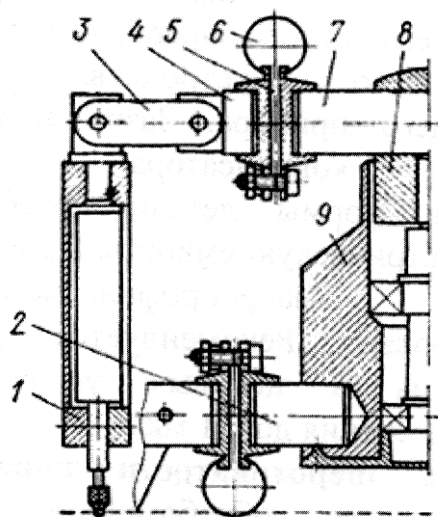


Рис. VII.10. Измерение макропрофилометром неплоскостности уплотнений: 1 - прижимная планка; 2 - опорные штанги; 3 - серьга; 4 - призма; 5 - штифт; 6 - кольцевая пружина; 7 - индикаторный шток; 8 - головка; 9 - корпус макропрофилометра.

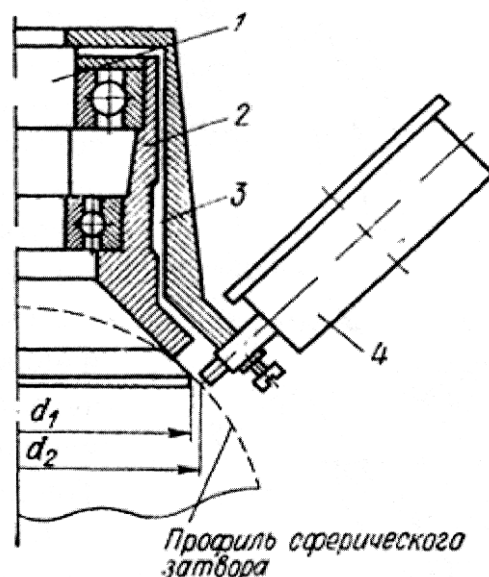


Рис. VII.11. Кругломер для контроля некруглости уплотнительной поверхности сферического затвора: 1 - вал-шпиндель; 2 - корпус; 3 - шкала; 4 - два индикатора.

Контроль шероховатости поверхности. Качество обработанной поверхности, определение класса шероховатости должны контролироваться в цеховых условиях. В лабораторных условиях определяется кроме класса шероховатости также и высота микронеровностей уплотнительных поверхностей.

Наибольшее применение получили средства контроля визуального, контактного и бесконтактного измерения. При визуальном сравнении детали с эталоном получают достоверные данные до 6-го класса, свыше 7-го класса шероховатости возможны ошибки. Из производственной практики известно, что лучшие результаты имеют место при сравнении детали не эталоном, а образцовой деталью. Использование накладного микроскопа сравнения 7 - 10-го классов шероховатости повышает надежность метода.

Определение шероховатости 6 - 12-го классов и установление среднеквадратичного отклонения ее по R_a производится контактным методом - ощупыванием поверхности алмазной иглой с радиусом около 2 мкм.

Измерение шероховатости микроскопами светового сечения и микроинтерферометрами - бесконтактный метод - обеспечивает контроль шероховатости 3 - 14-го классов шероховатости и установление критерия R_z .

Двойной микроскоп Линника МИС-11 осуществляет измерение 3 - 9-го классов шероховатости методом светового сечения. Прибор предназначен для работы в лабораторных условиях, R_z определяется расчетом.

Микроинтерферометр МИИ-4 используется для определения 10 - 14-го классов шероховатости на основе критерия R_z . Искривление интерференцион-

ных полос и ширина интервала их путем пересчета дают результат измерения. Прибор предназначен для работы в лабораторных условиях. С помощью реплик (снятия отпечатков) в труднодоступных местах определяют шероховатость поверхностей иммерсионно-репликовым интерферометром МИИ-10.

Профилометр модели 253 завода “Калибр” используется для измерения 6 - 12-го классов шероховатости. Прибор электродинамический щуповой, погрешность измерений $\pm 16\%$. Игла имеет радиус закругления 10 мкм; аттестацию измеряемой поверхности получают по R_a .

Профилограф-профилометр моделей 201, 202 завода “Калибр” определяет микронеровности 5 - 14-го (профилограф) и 5 - 12-го (профилометр) классов шероховатости, оценка данных производится по R_a , погрешность ее $\pm 10\%$; алмазная игла имеет радиусы 2 - 4 мкм и 10 - 12 мкм. Прибор рекомендуется для работы в лабораторных условиях.

Итак, на примере контроля представителей деталей с точными уплотнительными поверхностями узлов затворов задвижек и шаровых кранов даны особенности метрологии и конструктивно-технологические решения, также обеспечивающие высокие показатели герметичности и стабильности работы изделий.

При массовом производстве точных деталей топливной аппаратуры дизелей для цехового контроля, ЦНИТА сконструировал и изготовил прибор 8243, предназначенный для измерения отверстий в корпусах распылителей и втулках плунжеров. В приборе использована дифференциальная схема измерения: на измерительных рычагах закреплены упругие чувствительные элементы пружинно-оптического преобразователя. На рис. VII.12 показана схема этого устройства. Измерительные рычаги передают сигнал в пружинно-оптический преобразователь, через оптическую систему на шкалу падает “зайчик”, показывающий величину отклонений.

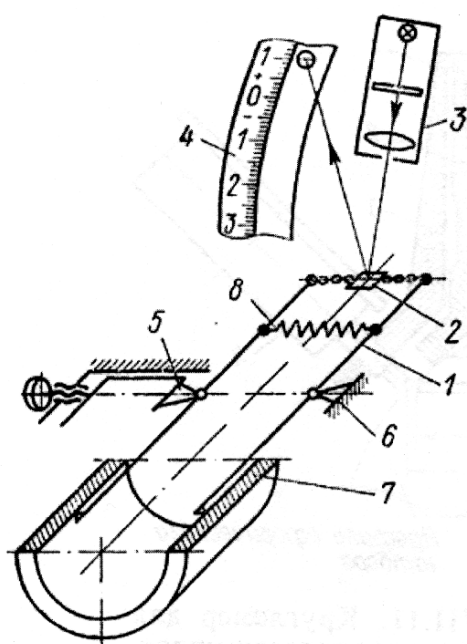


Рис. VII.12. Схема измерительного устройства: 1 - рычаги измерительные; 2 - преобразователь пружинно-оптический; 3 - оптическая система; 4 - шкала; 5, 6 - опоры; 7 - деталь; 8 - пружина.

Основные технические характеристики прибора следующие: диаметр контролируемого отверстия 6 - 12 мм; глубина контролируемого отверстия 60 мм; цена деления шкалы 0,0002 мм; средняя квадратическая погрешность 0,0001 мм; напряжение тока 220 В; мощность 20 Вт.

Способ измерения угла уплотняющего конуса в отверстии корпуса распылителя методом двух сечений по расстоянию H (рис. VII.13) между ними, с помощью трубки и стержня не обеспечивает получение точных данных, так как непрямолинейность образующих конуса зачастую соизмерима с величиной допуска.

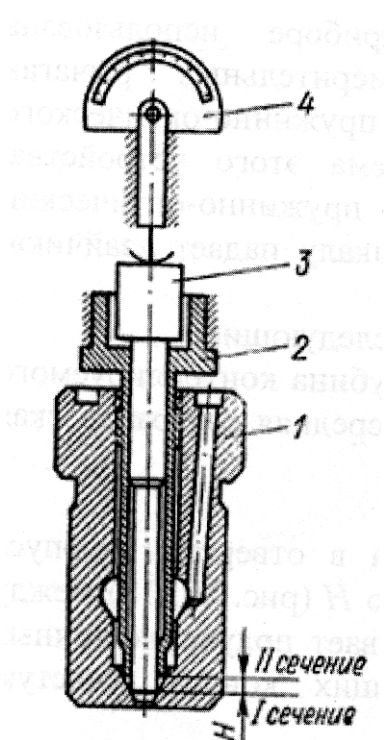


Рис. VII.13. Схема измерения величины угла уплотняющего конуса корпуса распылителя с помощью трубки и стержня: 1 - корпус распылителя; 2 - трубка; 3 - стержень; 4 - измерительная головка.

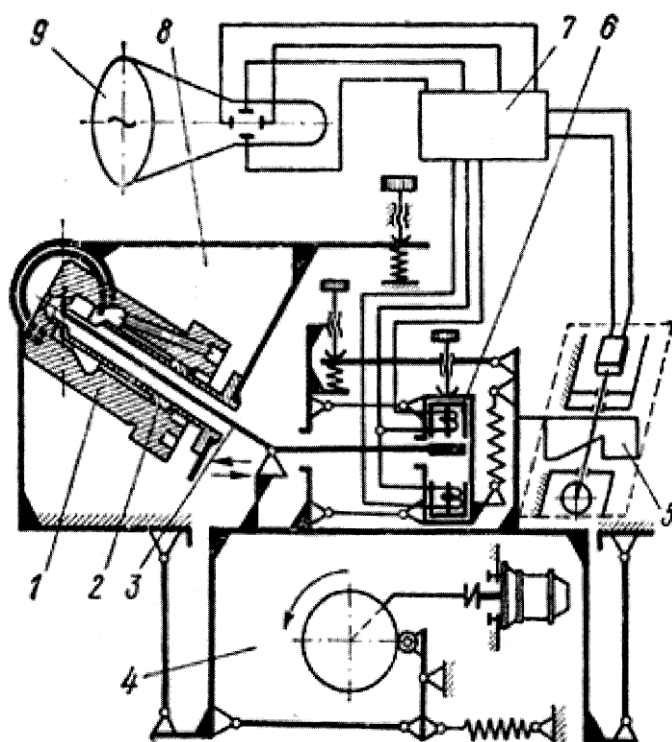


Рис. VII.14. Схема прибора ЦНИТА-3821: 1 - корпус распылителя; 2 - оправка; 3 - рычаг измерительный; 4 - механизм перемещения каретки; 5 - механизм горизонтальной развертки; 6 - датчик; 7 - электронный блок; 8 - механизм угловых перемещений; 9 - электроннолучевая трубка.

Прибор ЦНИТА-3821 создан на основе сравнительного метода, когда положение и форма образующей контролируемого конуса сопоставляются с эталонной прямой, воспроизводимой возвратно-поступательным движением каретки с ощупывающим наконечником. При этом рассогласовывание формы и положения, полученных в результате обмера, преобразованные в изображение на экране электроннолучевой трубки, дают возможность оценить угол в детали. Влияние погрешностей непрямолинейности образующей конуса значительно уменьшается.

Схема прибора ЦНИТА-3821 показана на рис. VII.14. На специальной оправке базируется деталь, которая с помощью механизма угловых перемещений устанавливается относительно измерительного рычага. Ощупывающий наконечник этого рычага ограничивает осевое перемещение детали; другое плечо этого рычага выполняет функции якоря датчика линейных перемещений. Базовую прямую воспроизводит каретка. Механизм горизонтальной развертки через электронно-преобразующий блок подает сигналы на электроннолучевую трубку (ЭЛТ). Данные сигнала и горизонтальной развертки, отраженные на экране ЭЛТ, дают представления о качестве детали.

ГЛАВА VIII

ПРОМЫВКА, КОНСЕРВАЦИЯ И УПАКОВКА ДЕТАЛЕЙ АППАРАТУРЫ

Промывка загрязненных поверхностей деталей и узлов аппаратуры производится после выполнения ряда операций механической и термической обработки, перед нанесением гальванических и лакокрасочных покрытий, перед консервацией и при расконсервации.

Особенно важное значение имеет качество промывки при контроле прецизионных деталей. В этом случае даже наличие жировой пленки может повлиять на результаты измерений и сборки деталей в пару.

По степени загрязнения различают слабо и сильно загрязненные поверхности.

Загрязнителями являются органические и неорганические вещества. К органическим загрязнителям относят различные масла (минеральные, животные и растительные), вазелины, жиры, стеарин, парафин, смолы, окисные пленки и др., а к неорганическим - остатки абразивных материалов, продукты обработки, пыль, ржавчина и др.

В процессе механической обработки наиболее интенсивное загрязнение деталей имеет место на тех операциях, где применяют обильное охлаждение СОЖ (автоматная обработка, шлифование, хонингование и др.), а также доводочно-полировальные пасты. В качестве моющих веществ применяют водные щелочные растворы и органические растворители.

Выбор вида моющих средств во многом зависит от материала деталей - сталь и чугун в щелочных растворах разрушаются слабо, а в кислотах без ингибирующих добавок - весьма интенсивно. В то же время детали из цинковых и алюминиевых сплавов сильно разрушаются в концентрированных щелочных и кислых растворах. Однако при введении в растворы ингибирующих добавок разрушающее действие, которое они оказывают на цинковые и алюминиевые сплавы, существенно снижается.

Процесс очистки загрязненных деталей включает собственно промывку (обезжиривание) и удаление моющих веществ. При обезжиривании происходит растворение жировых загрязнений, после чего возможно удаление с поверхности детали окисных пленок, ржавчины и пр.

VIII.1. СПОСОБЫ ПРОМЫВКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Обезжиривание в щелочных растворах. При обезжиривании деталей и узлов аппаратуры широкое распространение получили растворы солей щелочных металлов и поверхностно-активные вещества (ПАВ). Последние, благодаря своим коллоидным свойствам, плотно пристаю к частицам в слое загрязнений, разрушают его и способствуют диспергированию загрязнений в растворе.

К числу ПАВ, выпускаемых промышленностью, относятся: сульфанол

НП-1 (ТУ-38-77-66), сульфанол НП-3; продукт ДС-РАС; смачиватель ДБ, эмульгаторы ОП-7 и ОП-10. Эти вещества входят в состав синтетических моющих средств, приведенных в табл. VIII.1. Кроме того, ПАВ могут входить в состав щелочных моющих растворов.

Таблица VIII.1

Характеристика и состав некоторых синтетических моющих средств, выпускаемых химической промышленностью

Компоненты	Моющие средства и содержание компонентов, %		
	МЛ-51	МЛ-52	Тракторин
Na_2CO_3	44	50	32
Na_3PO_4	-	-	11
$\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_{10}$	34,5	30	-
Na_3SiO_3	20	10	53
Сульфанол	-	8	-
ДС-РАС	-	-	1-1,5
Смачиватель	1,5	8,2	-
ДБ			
Вода	-	-	Остальное

Концентрация ПАВ, достаточная для оптимального смачивания загрязненных поверхностей, составляет 2 - 6 г/л, а для моющих средств - 4 - 8 г/л. Для полного поверхностного насыщения необходимо 2,5 - 7,0 мг ПАВ на 1 м² очищаемой поверхности; увеличение концентрации свыше величин, при которых происходит поверхностное насыщение, не улучшает смачивающих свойств растворов и мало улучшает их моющее действие. Наиболее приемлемые температуры применения: для ОП-7 - 60 - 75⁰С, для сульфанолов и ДС-РАС - 75 - 85⁰С.

Составы водных щелочных моющих растворов для обезжиривания стальных деталей приведены в табл. VIII.2.

Таблица VIII.2

Составы моющих растворов

Номер раствора	Характеристика раствора		Вид загрязнения
	Компоненты	Концентрация	
1	Триполифосфат натрия Бикарбонат натрия Сульфанол НП-1	5 2 0,2	Минеральное масло, керосин, сульфифрезол, металлическая стружка и пыль, абразив, полировальные и притирочные пасты
2	Жидкое стекло Поташ	10 3 - 4	Минеральное масло, керосин, сульфифрезол, металлическая стружка и пыль, грязь
3	Триполифосфат натрия Жидкое стекло	5 5	
4	Поташ Триполифосфат натрия Сульфанол НП-1	3 5 0,2	

Таблица VIII.3

Составы щелочных растворов и режимы обработки для очистки изделий

Характеристика загрязнений	Операция	Состав раствора, г/л						Режим обработки		
		Сода кальцинированная	Тринатрий фосфат	Едкий натрий	Эмульгатор	Нитрит натрия	Хромпик калиевый	Температура, С	Методом погружения	Струйным методом
Сильно загрязненные изделия из черных металлов	Обезжиривание	15 ± 5	15 ± 5	15 ± 5	3 ± 1	–	–	70 ± 5	5–10	2–1
	Двукратная промывка в проточной воде	–	–	–	–	–	–	5 ± 5	0,5	0,5
	Пассивирование	2–3	–	–	–	10 ± 2	–	5	1,0	1,0
	Сушка	–	–	–	–	–	–	70 ± 5	–	до полного высыхания
Слабо загрязненные изделия из черных металлов	Одновременное обезжиривание и пассивирование	6 ± 1	6 ± 1	–	0,5–1	10 ± 2	–	70 ± 5	3–5	1–2
	Сушка	–	–	–	–	–	–	–	–	до полного высыхания
Слабо загрязненные изделия из алюминия и черных металлов	Одновременное обезжиривание и пассивирование	3–5	–	–	Эмульгатор Э-2Б 20–30	1,5–2,5	–	70 ± 5	–	1–2

Отраслевой стандарт Министерства тракторного и сельскохозяйственного машиностроения СССР “Топливная аппаратура тракторных и комбайновых дизелей. Консервация для длительного хранения” предусматривает различные операции, составы щелочных растворов и режимы обработки при очистке поверхностей деталей из черных и цветных металлов (VIII.3).

Щелочными растворами не очищают изделия, полностью окрашенные, а также имеющие неметаллические детали.

Обезжиривание в органических растворителях. В качестве органических растворителей применяют различные марки бензинов, керосин, дизельное топливо, а также хлорированные углеводороды (трихлорэтилен, тетрахлорэтилен, перхлорэтилен, дихлорэтан).

Испарения органических растворителей в большинстве случаев вредны, в связи с чем при их использовании необходимо соблюдать специальные меры предосторожности. Особенно это относится к хлорированным углеводородам, которые по силе токсического воздействия намного превосходят бензин. Так, если рекомендуемая предельно допустимая концентрация паров бензина составляет 300 мг/м^3 , то для трихлорэтилена, тетрахлорэтилена и дихлорэтана она равна 10 мг/м^3 .

Бензин растворяет большинство жиров, но он легко воспламеняется и сильно горюч. Работа с ним опасна и требует строгого соблюдения мер противопожарной безопасности. В промышленности применяют бензин Б-70 по ГОСТ 1012-72, бензин БР-1 “Галоша” по ГОСТ 443-56 и бензин-растворитель для лакокрасочной промышленности (уайт-спирит) по ГОСТ 3134-52. Промывку деталей в бензине производят преимущественно перед окраской, а также в качестве предварительной операции перед мойкой в щелочном растворе.

Керосин и дизельное топливо при обезжиривании применяют сравнительно редко.

Наиболее широкое распространение в крупносерийном и массовом производстве получили хлорированные углеводороды - трихлорэтилен и тетрахлорэтилен, представляющие собой тяжелые бесцветные жидкости, хорошо растворяющие большинство жиров, масел, смол и т.п. Физико-химические свойства некоторых растворителей приведены в табл. VIII.4.

Таблица VIII.4

Физико-химические свойства растворителей

Показатель	Трихлорэтилен	Тетрахлорэтилен
Молекулярный вес	131,39	165,83
Температура кипения, $^{\circ}\text{C}$	87	121
Температура застывания, $^{\circ}\text{C}$	-86	-22,4
Плотность	1,462	1,623

При нормальной температуре на металлы растворители не действуют. Исключение составляют алюминий и магний, с которыми трихлорэтилен может реагировать. Оба растворителя имеют низкую температуру испарения, вследствие чего легко поддаются перегонке.

Весьма перспективным методом очистки является обезжиривание в парах трихлорэтилена и тетрахлорэтилена. При кипении они дают густые пары, кото-

рые, конденсируясь на поверхностях деталей, растворяют и смывают загрязнение. Обработанные детали выходят чистыми и в сухом состоянии, в связи с чем отпадает необходимость в их сушке.

VIII.2. СПОСОБЫ КОНСЕРВАЦИИ И УПАКОВКИ

Консервация деталей и узлов аппаратуры, изготавливаемых в основном из различных металлов, предназначена преимущественно для предохранения металла от коррозии.

В зависимости от механизма защиты различные способы консервации можно подразделить на две основные группы: первая группа - механическая изоляция от внешней среды и вторая - ослабление действия агрессивных факторов путем торможения электрохимических процессов коррозии.

К первой группе относят средства защиты с использованием консервационных масел и смазок, защитных масс, герметизацию с использованием нейтральных атмосфер, а ко второй - ингибированные масла и смазки, ингибированные присадки, контактные и летучие ингибиторы.

Таблица VIII.5

Характеристика условий хранения по степени жесткости

Легкие (Л)	Средние (С)
Помещение с регулируемым климатом для всех климатических зон, кроме влажного тропического климата и приморских районов. Закрытые неотапливаемые помещения в районах с сухим тропическим климатом	Под навесом или на открытых площадках в сельской местности во всех климатах кроме влажного тропического. Закрытые неотапливаемые помещения в сельских и промышленных районах во всех климатах, кроме влажного тропического. Помещения с регулируемым климатом во влажном тропическом климате и в приморских районах
Жесткие (Ж)	Очень жесткие (ОЖ)
Под навесом или на открытых площадках в промышленных районах или в закрытых неотапливаемых помещениях в приморских районах, во всех климатах, кроме влажного тропического. Закрытые неотапливаемые помещения: для районов сельской местности с влажным тропическим климатом, для промышленных районов с холодным климатом	На открытых площадках и под навесами: в районах с влажным тропическим климатом, в приморских районах во всех климатах. Закрытые неотапливаемые помещения в промышленных районах с влажным тропическим климатом

Выбор методов защиты зависит от степени жесткости условий хранения, которые определяются климатическими и атмосферными условиями, а также видом оборудованных мест хранения. В зависимости от наличия указанных

факторов для машиностроительной продукции установлены четыре категории условий хранения (табл. VIII.5), отличающиеся степенью жесткости, - легкие (Л), средние (С), жесткие (Ж) и очень жесткие (ОЖ).

Одним из важных элементов защиты законсервированных изделий является упаковка.

Различают внутреннюю и транспортную упаковки. Внутренняя упаковка бывает герметичной и негерметичной. При негерметичной упаковке используют оберточную бумагу, картонные или деревянные коробки, ящики и т.п. При герметичной упаковке изделия помещают в футляры, контейнеры из парогазонепроницаемых материалов или наносят на негерметичную упаковку специальные эластичные защитные покрытия (эмали, воски и др.). Транспортная упаковка предназначена в основном для предохранения изделий от механических перегрузок и повреждений.

Консервация металлов с помощью жировых смазок преследует цель защиты поверхностей деталей от влаги, кислорода, агрессивных газов и пыли. Однако консистентные смазки, вследствие их газопрооницаемости, длительной защиты изделий от коррозии не обеспечивают.

Ввиду простоты процесса консервация смазками находит применение на малоответственных деталях при непродолжительном сроке хранения.

Широкое распространение получила консервация деталей и узлов аппаратуры ингибированными смазками. Так, например, для консервации изделий топливной аппаратуры отраслевым стандартом предусмотрено применение ингибированных масел НГ203А, НГ203Б, НГ203В, ингибированной смазки К-17, дизельного масла с присадкой АКОР-1 10% и 15% и НГ203А 20%, ингибированных полимерных покрытий ЗИП и СЗПП.

Ингибированные масла НГ203 различают по вязкости и содержанию ингибитора. Они находят применение для консервации изделий из черных и цветных металлов, а также их сплавов.

Указанные масла рекомендуется применять для защиты от коррозии в следующих случаях: НГ203А - для наружных поверхностей при повышенной влажности и длительном хранении; НГ203Б - для наружных и внутренних поверхностей при длительном хранении; НГ203В - для внутренних поверхностей.

Жидкую ингибированную смазку К-17 применяют для консервации изделий, хранящихся в условиях, исключающих прямое попадание атмосферных осадков и солнечных лучей.

Присадку АКОР-1 используют для приготовления универсальных консервированных моторных масел, которые затем применяют для консервации изделий взамен ингибированных масел.

При консервации внутренних поверхностей применяют масло, в которое вводят присадку АКОР-1 в количестве 5 - 10%, а при консервации наружных поверхностей - до 15%.

Важным преимуществом присадки АКОР-1 является то, что изделия, законсервированные рабочим маслом с указанной присадкой, не требуют расконсервации.

Ингибированные полимерные покрытия (ИПП), к которым относится

ЗИП (защитное ингибированное покрытие), позволяют в одной операции совмещать как консервацию, так и упаковку, обеспечивая при этом хороший товарный вид и требуемый срок хранения изделия.

ИПП применяют для защиты от коррозии черных и цветных металлов при условии хранения С, Ж и ОЖ на срок защиты от 3 до 5 лет.

Подготовка изделий к консервации включает их промывку (обезжиривание), пассивирование (только после обезжиривания в щелочных растворах) и сушку.

Очистку щелочными растворами производят в специальных струйных установках или моечных машинах, а при их отсутствии - в моечных ваннах, где раствор перемешивается либо механическим способом, либо сжатым воздухом. В случае сильного вспенивания в раствор добавляют антивспениватель ПМС-100А в количестве 0,1 - 0,3 г/л.

Очистку органическими растворителями непрецизионных деталей производят последовательно в 2 - 3 ваннах на подвесках или сетчатых корзинах, прецизионных - на специальных установках или в стационарных ваннах.

После пассивирования изделия обдувают сжатым воздухом с температурой 60 - 80⁰С. Мелкие детали подвергают сушке в сушильных шкафах при температуре 100 - 120⁰С.

В зависимости от характеристик поверхностей и вида деталей могут быть рекомендованы средства и методы их подготовки перед консервацией согласно табл. VIII.6.

Таблица VIII.6

Методы подготовки поверхностей перед консервацией

Характеристики поверхностей	Методы и средства очистки
Наружные поверхности деталей из стали и чугуна без покрытий и без полостей	Щелочными растворами в струйных установках или моечных машинах. Допускается очистка органическими растворителями в 2 - 3 ваннах на подвесках или в сетчатых корзинах
Наружные поверхности деталей из цветных металлов, стальные оцинкованные, кадмированные, луженые, оксидированные, окрашенные	Органическими растворителями в 2 - 3 ваннах на подвесках или в сетчатых корзинах. Оксидированные детали допускается очищать щелочными растворами
Наружные поверхности изделий в сборе	Поверхности, подлежащие консервации, протирают хлопчатобумажными салфетками, смоченными органическими растворителями
Внутренние и наружные поверхности деталей прецизионных пар	Органическими растворителями на специальных установках или в стационарных ваннах
Внутренние и наружные поверхности топливопроводов высокого давления	Дизельным топливом

После завершения санитарной подготовки детали подвергают консервации и барьерной упаковке. Применяемые при этом методы должны выбираться в зависимости от конструктивных особенностей, условий и сроков хранения, транспортирования, материалов изделий.

При консервации наиболее часто применяют:

- а) окунание в среду жидких ингибированных масел для создания на наружных и внутренних поверхностях деталей невысыхающих защитных пленок;
- б) прокачивание ингибированным топливом внутренних поверхностей аппаратуры в сборе для создания на них защитных пленок;
- в) нанесение на поверхности изделий ингибированных полимерных покрытий.

Упаковку законсервированных изделий производят следующими способами:

- а) помещением в герметичные чехлы из полимерных пленок с заделкой швов методом сварки;
- б) помещением в контейнеры из полиэтилена низкой плотности и заделкой швов путем расплава полиэтилена;
- в) обволакиванием ингибированными полимерными покрытиями.

Кроме того, находят применение другие способы барьерной упаковки. В их числе обертывание парафинированной или конденсаторной бумагой и укладывание в картонные коробки; обертывание парафинированной или конденсаторной бумагой с последующим обертыванием полиэтиленовой пленкой; обертывание парафинированной или конденсаторной бумагой; заваривание в чехлы из полиэтиленовой пленки и укладывание в картонные коробки и др.

VIII.3. МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОМЫВКИ, КОНСЕРВАЦИИ И УПАКОВКИ

Промывка. Для очистки и обезжиривания поверхностей от загрязнения разработано много способов и вводов оборудования.

Удаление ржавчины осуществляется механическим и химическим способами. При механическом способе применяют дробеструйную и пескоструйную установки, а также зачистку абразивом, а при химическом - протравливание кислотами в ваннах и использование специальных антикоррозионных препаратов.

Для обезжиривания щелочными растворами, хлорированными углеводородами, нефтяными растворителями и эмульсиями применяется следующее оборудование: ванны, качающиеся барабаны, шнековые транспортеры, циркуляционные установки для струйной очистки, ультразвуковые установки и др.

Оборудование для очистки и обезжиривания щелочными растворами. Промышленность изготавливает стандартные виды оборудования для очистки и обезжиривания. Однако нередко создают специальные машины, наиболее полно удовлетворяющие требованиям данного производства.

Характеристики некоторых машин для обезжиривания щелочными растворами, изготавливаемыми промышленностью, приведены в табл. VIII.7.

Наиболее часто обезжириваемые детали помещают в стальные корзины или укрепляют на специальных подвесках.

При обезжиривании деталей из цветных металлов, во избежание контактной коррозии, используют деревянные решетки.

Более высокое качество обезжиривания достигается при использовании установок для струйной очистки, где химическое действие раствора усиливается механическим воздействием падающей жидкости. Установку для струйной очистки изготавливают однокамерной и непрерывного действия (двух- и многокамерные). В таких установках изделия закрепляют поштучно или в корзинах на транспортере, проходящем через установку.

Таблица VIII.7

Характеристики моечных машин

Показатели	Однока- мерные		Двухкамерные			Трехкамерные			
	Ширина камер, м								
	0,6	1,0	1,2	0,6	1,0	1,2	0,6	1,0	1,2
Полезная ширина транс- портера, м	0,55	0,95	1,15	0,55	0,95	1,15	0,55	0,95	1,05
Производительность насоса каждой камеры, м³/ч	30	40	60	30	40	60	30	40	60
Мощность электродви- гателя насоса, кВт	2,1	2,2	4,5	2,1	2,0	4,5	2,1	2,2	4,5
Количество электродви- гателей	1	1	1	2	2	2	3	3	3
Общий расход воды, м³/ч	0,3	0,50	0,75	0,75	1,05	1,55	0,95	1,4	2,15
Расход тепла на подо- грев, тыс.ккал/ч	47	67	100	100	140	200	126	186	286
Масса машины, т	0,7	0,9	1,1	1,7	2,2	2,7	2,1	2,8	3,4
Габаритные размеры, м	1,95х 1,4х2,0	2,1х 1,8х2,0	3,8х 4,0х2,2	5,5х 1,4х2,0	7,1х 1,8х2,0	8,0х 2,0х2,2	7,0х 1,4х2,0	8,3х 1,8х2,0	9,0х 2,0х2,2

На рис. VIII.1 приведена схема однокамерной моечной машины для струйного обезжиривания. Машина состоит из зонта 1, корпуса и насосной установки 4. В нижней части корпуса помещается резервуар со щелочью 5. Щелочной раствор подогревается паром с помощью стальных змеевиков 6. В средней части машины расположен качающийся механизм 9, а выше и ниже его - трубы 3 с соплами. Детали загружают в корзину, вставляемую в раму качающегося механизма.

Подогретый до 70 - 90⁰С обезжиривающий раствор непрерывно циркулирует, попадая на детали со всех сторон через специальные сопла под давлением $(50 - 58) \cdot 10^4$ кгс/м².

В двухкамерных установках непрерывного действия в первой камере из-

деля обезжиривают горячим щелочным раствором с добавкой ПАВ, имеющим температуру 95°C , а во второй - промывают горячей водой.

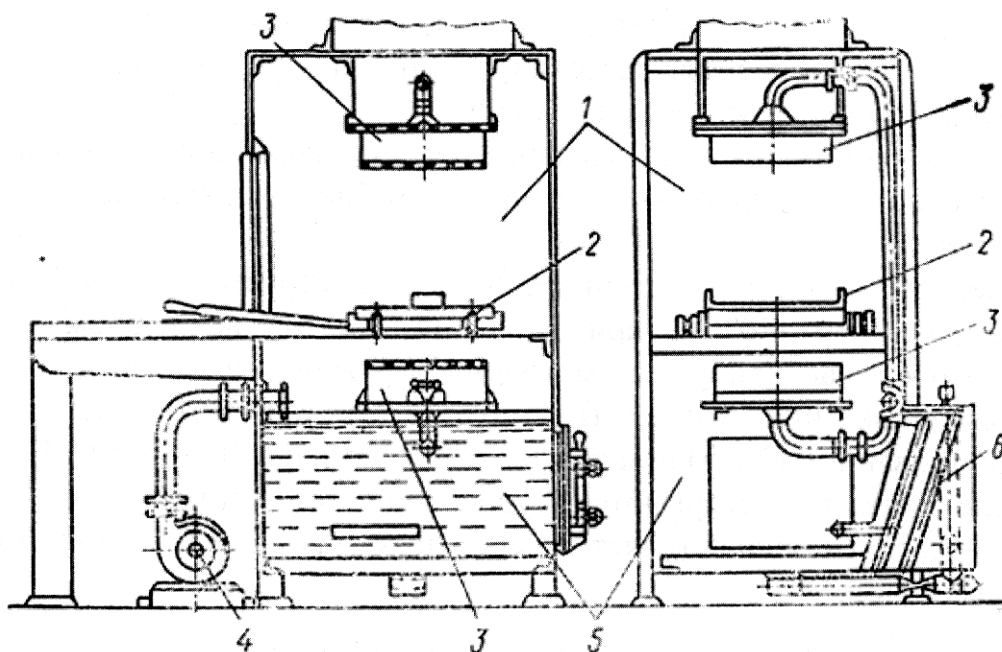


Рис. VIII.1. Схема однокамерной моечной машины для струйного обезжиривания.

Очистка корпусных деталей аппаратуры, в зависимости от их сложности, производится в несколько этапов: предварительно промывают отдельные полости и каналы после некоторых операций механической обработки; окончательно промывают после завершения механической обработки; очищают в специальных ваннах и подвергают промывке отдельные полости на струйных моечных установках.

Наружные поверхности корпусных деталей промывают в ваннах со струйной очисткой, а внутренние полости и каналы - на специальных прокачных установках. Для очистки рабочей жидкости от загрязнения установки оснащены блоками фильтров.

На НЗТА все детали топливных насосов УТН-5, кроме прецизионных, после изготовления промывают в проходных и стационарных моющих машинах со струйной очисткой и после сушки подают в сборочный цех.

Перед сборкой детали вторично подвергают мойке. На операциях мойки применяют следующий состав раствора: тринатрийфосфат - 7-13 г/л; нитрит натрия - 7-13 г/л и жидкое стекло - 1-2 г/л.

На ВЗТА промывку деталей перед сборкой насосов производят в специальной моечной машине проходного типа МКП-0620 щелочным раствором, состоящем из соды кальцинированной - 10 г/л; тринатрийфосфата - 10 г/л; нитрита натрия - 10 г/л; жидкого стекла - 2 г/л; бихромата калия - 3 г/л.

Малинский опытно-экспериментальный завод изготавливает нестандартизированное оборудование для мойки деталей с применением щелочных растворов шнекового, тупикового и проходного типов, в том числе с автоматическим циклом обработки.

Моечно-обдувочная машина (индекс 07Н105.00.000) конструкции Горьковского автомобильного завода предназначена для санитарной обработки малогабаритных деталей. Мойка осуществляет в камере раствором, предварительно нагретым паром до температуры 80⁰С. Подача деталей в камеру производится пластинчатым транспортером. Холодная вода и сжатый воздух подводятся к машине из внешних источников.

Основные технические данные машины:

Производительность, шт/ч	200
Скорость конвейера, м/мин	1
Время промывки, мин	1,2
Размеры проходного сечения, мм	400х500
Габаритные размеры, мм	3500х1600х1700
Масса, кг	2520

Завод также изготавливает автоматическую установку (индекс 000.2397.00 ИП) для обезжиривания, пассивирования и сушки мелких деталей конструкции НИИ Тракторосельхозмаш.

Принцип работы машины заключается в непрерывном перемешивании деталей с помощью блоков шнековых барабанов, вращающихся внутри трех камер.

В первом барабане детали обмываются струями горячей воды с температурой 60-70⁰С при давлении 1,5 ат, во втором - обезжириваются и пассивируются методом погружения в раствор, состоящий из триэтанолamina (30 г/л), нитрата натрия (20 г/л) и соды кальцинированной (2 г/л) при температуре раствора 40 - 50⁰С. В третьем барабане детали подвергаются сушке при температуре 100 - 120⁰С. Загрузка деталей осуществляется через приемный барабан, а выгрузка - через выходной.

Основные технические характеристики установки

Производительность, кг/мин	до 17,0
Темп работы	непрерывный
Рабочие объемы, м ³ :	
ванны струйной промывки	0,4
ванны пассивирования	0,6
Габаритные размеры, мм	3600х2282х2480
Масса, кг	4500

Представляют интерес обезжиривающие машины непрерывного действия типа “Гидроматикус” (Чехословакия), предназначенные для использования в условиях крупносерийного производства.

Детали в указанных машинах обезжиривают в щелочном растворе и промывают в горячей воде. Обезжиривающий раствор, с целью более интенсивного химического воздействия на обрабатываемые детали, подвергают распыливанию в закрытой камере. При промывке мелких деталей применяют специальные сетчатые коробки.

Скорость движения решетки может регулироваться от 0,17 до 0,35 м/мин, а на наиболее крупной машине - от 0,9 до 1,75 м/мин.

Некоторые технические данные этих машин приведены в табл. VIII.8.

Таблица VIII.8

Техническая характеристика машин для обезжиривания в щелочном растворе типа “Гидроматикус”

Модель	Максимальная загрузка решетки, кг/мм ²	Размеры загрузоч- ного окна, мм		Источник нагрева	Потребная тепловая энер- гия для обогрева ванн, тыс. ккал	Потребная мощность, кВт	Скорость движения решетки, м/мин	Габаритные размеры ма- шины, м			Масса машины, т
		Ширина	Высота					Длина	Ширина	Высота	
HS	50	600	600	Пар при температуре 140 ⁰ С, дав- ление 3,5 - 4 ат, горячая вода 140/80 ⁰ С	100	20	0,17 - 0,35	4,8	1,9	1,9	3,2
HDI	70	600	600		100	20	0,17 - 0,35	4,0	1,9	1,9	3,6
HDII	70	600	600		100	22	0,17 - 0,35	5,0	1,9	2,5	3,5
HDIII	70	600	250		100	20	0,17 - 0,35	4,0	1,9	1,5	3,0
HDIV	70	600	250	Электро- энергия 84 кВт	100	112	0,17 - 0,35	4,0	1,9	1,5	3,0
HDV	70	600	600		100	112	0,17 - 0,35	4,0	1,9	1,9	3,0
H1	100	800	600	Пар при температуре 160 ⁰ С, дав- ление 6 ат	200	20	0,17 - 0,35	7,0	2,2	2,2	4,0
H2	130	1180	1200		300	24	0,17 - 0,35	10,0	2,6	2,5	7,3
H3	1000	2000	1200		700	37	0,9 - 1,15	15,0	3,8	2,9	15

Оборудование для обезжиривания органическими растворителями.

Органические растворители подразделяются на горючие и негорючие.

При использовании горючих растворителей - бензина, керосина и др. - основное требование, предъявляемое к оборудованию, - это безопасность его работы.

Конструкции установки для обезжиривания в горючем растворителе обычно представляет собой бак, разделенный в нижней части на два отсека, отгороженных друг от друга фильтром. В одном из них находится чистый раствор, а в другом - загрязненный. Установка имеет откидную крышку, которую закрывают, если растворитель воспламенится.

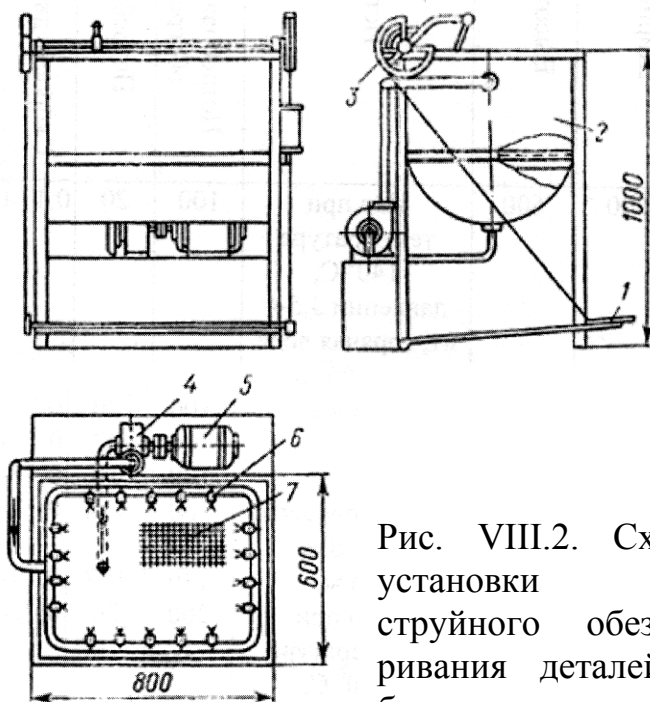


Рис. VIII.2. Схема установки для струйного обезжиривания деталей в бензине.

Схема установки для струйного обезжиривания деталей в бензине приведена на рис. VIII.2. Установка состоит из ванны 2, снабженной 18 поворотными форсунками 6, которые можно устанавливать под нужным углом к промываемым деталям. При включении электромотора 5 насос 4 под определенным давлением по соединительным трубам подает растворитель к форсункам. После промывки деталей растворитель через сетку-фильтр 7 стекает на дно ванны, откуда вновь засасывается насосом. Открытие крышки установки

производится путем нажатия ногой на педаль 7, соединенную с рычагом поворотного устройства 3.

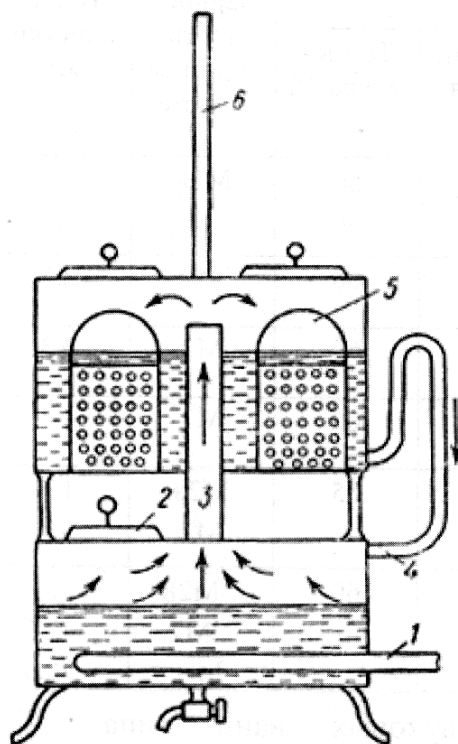


Рис. VIII.3. Схема двухкамерной автоматической установки многократного действия для обезжиривания.

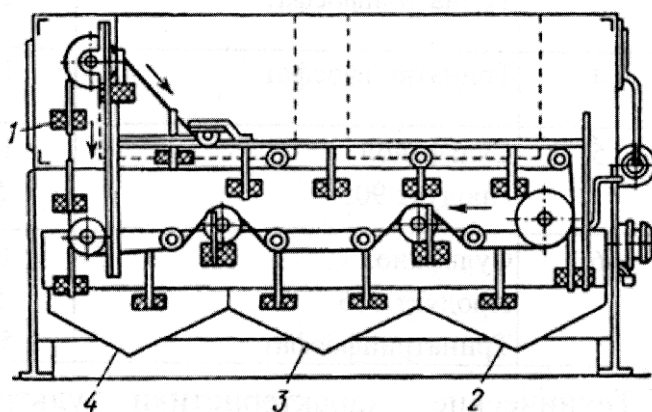


Рис. VIII.4. Схема автоматической установки для обезжиривания в трихлорэтилене: 1 — корзина с деталями; 2 — 4 — камеры для трихлорэтилена.

Установка для обезжиривания погружением снабжена нагревательными

элементами для подогрева растворителя и трубами, через которые проходит холодная вода, позволяющая поддерживать заданную температуру. Охлаждают воду в змеевике-охладителе. Установка имеет запасной бак для чистого растворителя и бак для загрязненного растворителя.

Установки для обезжиривания в парах растворителя используют при обезжиривании точных деталей, подвергавшихся обработке доводочными и полировальными пастами.

Схема двухкамерной автоматической установки многократного действия приведена на рис. VIII.3.

Растворитель, находящийся в нижнем сборнике 2, подогревают до кипения посредством парового змеевика 1. По патрубку 3 пары растворителя поднимаются в верхний сборник, где находятся корзины 5 с деталями, очищают детали и, конденсируясь на поверхности холодильника 6, по патрубку 4 стекают вниз. После наполнения верхнего сборника сжиженный растворитель автоматически стекает в нижний сборник.

На рис. VIII.4 представлена схема автоматической установки для обезжиривания в трихлорэтилене. Детали перемещаются в корзине, которую ставят на транспортер, приводимый в движение электродвигателем.

Оборудование для обезжиривания с применением ультразвука. Одним из эффективных путей интенсификации процесса очистки загрязненных деталей является использование ультразвука для сообщения молекулам моющей жидкости высокочастотных колебаний. Возникающие при этом явления кавитации способствуют разрушению слоя загрязнения и порождают интенсивные потоки жидкости, что значительно ускоряет химические и физические процессы. Ультразвуковые колебания создают магнитострикционные преобразователи, которые получают энергию от ультразвуковых генераторов. Вырабатываемые генераторами электрические колебания высокой частоты преобразуются в интенсивные механические (до 100 кГц и более).

Ультразвуковые ванны. Очистку изделий с применением ультразвука производят в специальных ваннах, в которые встраивают вибратор. При ультразвуковой очистке могут использоваться как щелочные, так и органические растворители. С целью повышения эффективности очистки и предохранения моющей жидкости от преждевременного загрязнения подлежащие очистке детали предварительно замачивают. Время замочки зависит от характера загрязнений и вида используемой жидкости. Особенно широкое применение ультразвуковая очистка получила в производстве точных и прецизионных деталей, а также при очистке поверхностей, обработанных с высоким классом шероховатости поверхности. ЦКБ УВУ рекомендует составы моющих жидкостей для очистки прецизионных деталей (табл. VIII.9), которые, по их данным, обеспечивают наиболее эффективные результаты. Скорость очистки зависит от степени загрязненности поверхностей, их вида (наружная или внутренняя), а также зернистости абразива. При прочих равных условиях труднее поддаются очистке детали, загрязненные более мелким абразивным зерном.

Технические характеристики ультразвуковых ванн типа УЗВ, выпускаемых Таллинским машиностроительным заводом, приведены в табл. VIII.10.

Ванны работают в комплекте с ультразвуковым генератором типа УЗГ-6,3М.

Таблица VIII.9

Растворы для обезжиривания прецизионных деталей после выполнения доводочных операций

Номер раствора	Характеристика раствора			Зернистость абразива в пасте	Время очистки, мин
	Компоненты	Концентрация, г/л	Температура, °С		
1	Тринатрийфосфат	50	60	М28	5
	Жидкое стекло	50	«	«	«
2	Тринатрийфосфат	50	60	М7	2,5
3	Тринатрийфосфат	10	60	М1	0,3
4	Тринатрийфосфат	10	60	М1	1,5
5	Сульфанол	10	55	М28	1,5
	Продукт 905	5	«	М1	«
6	Сульфанол	10	60	М28	1
	Продукт 905	5		М7	2,5
	Тринатрийфосфат	50		М7	0,25

Техническая характеристика генератора УЗГ-6,3М

Мощность, кВт:

выходная 6,3
потребляемая 12,5

Питающая сеть:

число фаз 3
напряжение, В 380 (или 220)
пределы регулировки частоты, кГц 18 - 22
расход воды для охлаждения, л/мин 10
давление воздуха, ат 1,5 - 2

Количество применяемых преобразователей:

ПМС-15А 1
ПМС-6 2

Габариты, мм 770x770x1750

Масса, кг 500

Ультразвуковые ванны состоят из рабочей камеры, сетки для загрузки деталей, источника ультразвуковых колебаний, звукоизоляционной защиты, устройств для нагрева и охлаждения растворов, вентиляции, охлаждения, источников колебаний, а также электропитания.

Нагрев или охлаждение растворов производится змеевиками, на которых установлены вентили, позволяющие поддерживать заданную температуру. Рабочую камеру, змеевики и сетки для деталей изготавливают из нержавеющей стали Х18Н9Т. Ванны размещают в помещениях, снабженных специальной вентиляцией и водопроводом с давлением 1,5 кгс/см². Вытяжная вентиляция из бортовых отсосов должна иметь производительность 350 - 1300 м³/ч. Ультразвуковые ванны должны быть удалены от генератора на расстояние не более чем 30 м.

Технические характеристики ультразвуковых ванн
(частота колебаний 20 - 30 кГц)

Характеристики ванн	Типы ванн			
	УЗВ-15М	УЗВ-16М	УЗВ-17	УЗВ-18
Количество преобразователей типа ПМС-6М, шт.	1	2	3	4
Рабочая емкость ванны, л	42	82	120	150
Внутренние размеры ванны, мм	400х400х х200	700х450х х300	1100х450х х300	1400х450х х300
Высота ванны от дна до крышки, мм	270	370	370	370
Потребляемая номинальная мощность, кВт	2,5	5,0	7,5	10,0
Расход воды для охлаждения, л/мин:				
преобразователей	3	6	9	12
ванны	6	8	9	10
Расход воздуха в системе вытяжной вентиляции, м ³ /ч	350	750	950	1300

Магнитострикционные преобразователи типа ПМС-6М состоят из двигателя и диафрагмы, изготавливаемой из стали Х18Н9Т. Диафрагма воспринимает от магнитопровода продольные колебания.

Технологический процесс ультразвуковой очистки прецизионных деталей предусматривает последовательную промывку в двух ваннах в водном растворе тринатрийфосфата (30 г/л) и эмульгатора ОП-7 при температуре 50 - 60°С в течение 10 мин в каждой ванне, промывку в пассивирующем однопроцентном растворе олеинового мыла в течение 20 - 30 с при температуре 25°С, обдувку сжатым воздухом и протирку.

При ультразвуковой промывке сетку с деталями устанавливают в специальную рамку над диафрагмой таким образом, чтобы между сеткой и диафрагмой был зазор 3 - 5 мм.

Ультразвуковые автоматы. С целью дальнейшей механизации и автоматизации процессов очистки прецизионных деталей дизельной топливной аппаратуры, изготавливаемых в массовом количестве, Алтайским научно-исследовательским институтом технологии машиностроения (АНИТИМ) разработана серия ультразвуковых автоматических установок моделей УЗА-2, УЗА-3 и УЗА-4.

Все созданные автоматы - карусельного типа, шестипозиционные, с регулируемым циклом очистки от 1 до 4 мин. Источником питания является ультразвуковой генератор модели УЗГ-10, который соединен с магнитострикционными преобразователями ПМС-6. Автомат УЗА-2 имеет два преобразователя, а автоматы УЗА-3 и УЗА-4 - по три. В нижней части автомата УЗА-2 расположе-

ны три бака с подводом воды и электроэнергии, а в верхней - пять ванн. Обрабатываемые детали, уложенные в кассеты, перемещаются шаговым транспортером с одной позиции на другую. Подъем и опускание кассет производится гидроцилиндром, а поворот карусели - копирным устройством. При опущенной поворотной головке все кассеты с деталями погружаются в ванны.

Технологический процесс очистки деталей состоит из следующих операций, выполняемых последовательно: а) промывки в керосине (первая ванна); б) двукратной ультразвуковой промывки в щелочном растворе при температуре 60°C (вторая и третья ванны); в) душевой промывки в водном растворе олеинового мыла (концентрация 15 г/л) при температуре 80 - 85°C (четвертая ванна); г) консервации в машинном масле без подогрева (пятая ванна).

Состав моющего раствора, применяемого при ультразвуковой очистке во второй и третьей ваннах: водный раствор тринатрийфосфата - 90 г/л; эмульгатор ОП-10 - 3 г/л.

В случае перегрева магнитострикционных преобразователей ультразвуковой генератор отключается, и работа установки прекращается.

Установка УЗА-2 обеспечивает высокую производительность - 1000 - 1500 плунжерных или клапанных пар в час или 2000 - 3000 распылительных пар в час.

Замену моющих растворов производят через 5 - 10 смен работы. Специальный автомат для очистки корпусов бесштифтовых распылителей, имеющих глухие отверстия малого диаметра (6,5; 1,2 мм), создан НИИ Тракторосельхозмаш. С целью более эффективного вымывания абразива и жировых составляющих доводочной пасты концентраторы ультразвуковых колебаний с амплитудой 60 мкм входят в отверстия распылителя.

Технические данные автомата

Тип генератора.....	УЗГ-1,5
Мощность генератора, кВт.....	1,5
Число излучателей-концентраторов.....	2
Производительность, дет./ч.....	800 - 1000
Рабочий объем ванны ультразвуковой очистки, мл	3000

Автомат состоит из последовательно расположенных механизмов загрузки, технологических камер и механизма выгрузки, смонтированных на стальном сварном каркасе и защищенных звукопоглощающим кожухом. Перемещение деталей с позиции на позицию производится специальным механизмом.

Каждый из двух излучателей-концентраторов одновременно очищает две детали, цикл очистки двух деталей - 6 - 10 с. Для замочки деталей используют керосин без подогрева. Ультразвуковую очистку производят в растворе, состоящем из тринатрийфосфата в количестве 30 г/л и поверхностно-активного вещества ОП-7 - 3 г/л. После промывки холодной водой под давлением 1,5 - 2 ат производят пассивацию в растворе триэтаноламина - 3 г/л. Аналогичные установки созданы НИИ Тракторосельхозмаш и для очистки других деталей аппаратуры.

Для ультразвуковой очистки прецизионных деталей в условиях небольшой серийности производства применяют полуавтоматическую пятипозицион-

ную установку конструкции НИИАТ. Установка представляет собой конвейер кольцевого типа с вертикальной осью вращения. Технологический процесс промывки на этой установке принципиально не отличается от ранее описанных.

Консервация и упаковка. Для консервации и упаковки деталей и узлов аппаратуры институтом АНИТИМ разработано значительное количество различных видов оборудования.

Консервацию методом окунания наружных поверхностей форсунок в сборе производят на десятипозиционной установке, на которой изделия обезжиривают, сушат и подвергают консервации в ванне с ингибированным маслом. На первой позиции изделия загружают, а на десятой - разгружают, причем обе операции выполняются на одном рабочем месте. При обезжиривании детали обливают раствором под давлением, сушка производится подогретым воздухом.

Установка обеспечивает производительность 150 дет./ч при длительности рабочего цикла 24 мин. Потребляемая мощность - 2,1 кВт, расход сжатого воздуха - 1,2 м³/ч, габариты: диаметр 2600 мм, высота 1700 мм.

Для консервации внутренних поверхностей форсунок по методу прокачки создана установка с четырьмя рабочими позициями, каждая из которых оснащена зажимами с пневматическим приводом для установки изделий.

Прокачка консервационной смазкой под давлением производится от насоса, который получает вращение от электродвигателя мощностью 10 кВт. Достижимая производительность на установке составляет 120 форсунок в час, емкость бака с маслом - 120 л, температура нагрева масла - 120°C. Расход потребляемого воздуха 0,1 м³/ч, а площадь, занимаемая установкой, - 1,2 м. Электронагрев масла до заданной температуры автоматизирован.

Промывку и консервацию внутренних поверхностей топливных насосов распределительного типа осуществляют на установке карусельного типа, имеющей двадцать рабочих позиций, на которых закрепляют подвергаемые консервации изделия.

Сначала внутреннюю полость насоса промывают дизельным топливом при одновременном поворачивании привода вала насоса, а затем производят консервацию подогретой ингибированной смазкой К-17. Одновременно смазкой К-17 прокачивают и полость высокого давления насоса.

Производительность установки - 80 изделий в час, длительность вращения насоса при промывке и консервации - 10 - 25 с, емкость бака с консервационным маслом - 140 л.

После консервации топливные насосы и форсунки подвергают упаковке. При поставках внутри страны с трехгодичным сроком хранения изделия упаковывают в два слоя парафинированной бумаги, а затем в деревянные ящики, выстланные внутри битумированной бумагой. Для поставок на экспорт изделия, завернутые в парафинированную бумагу, дополнительно упаковывают в чехлы или пакеты из полиэтиленовой пленки толщиной 150 мкм, после чего укладывают в деревянные ящики, выстланные внутри поливинилхлоридной пленкой.

Институтом АНИТИМ разработана также конструкция полуавтомата для консервации и упаковки поршневых пальцев в ингибированную бумагу. Полу-

автомат состоит из роторной системы и приемного стола с устройством для закрепления рулона бумаги. Роторная машина осуществляет разрезку бумаги на требуемые форматы, завертывание деталей, закрутку концов бумаги и передачу транспортером завернутой детали на приемный стол. Производительность полуавтомата - 720 дет./ч, установленная мощность - 1,5 кВт, занимаемая площадь - 4,4 м².

Для консервации фильтрующих элементов топливных фильтров ЦНИТА разработан технологический процесс, который предусматривает их прокачку дизельным топливом, ингибированным присадкой АКОР-1, в количестве 5%. Консервация выполняется в процессе проверки фильтрующих элементов на гидравлическую плотность, т.е. совмещена с основной технологической операцией.

Упаковка фильтрующих элементов производится путем обвертывания в два слоя парафинированной бумагой и укладкой в картонные тарные ящики.

Одним из прогрессивных направлений в консервации и упаковке изделий является использование защитного ингибированного покрытия (ЗИП) и съемного защитного полимерного покрытия (СЗПП), которые одновременно предохраняют изделия от вредного воздействия окружающей среды и служат упаковкой.

АНИТИМ созданы два агрегата для консервации и упаковки в ЗИП прецизионных деталей.

Полуавтомат для покрытия ЗИП распылителей и клапанных пар состоит из станины, гидростанции, шприцующего, загрузочного и зажимного устройств, каретки захватов, электрошкафа.

Сущность процесса покрытия состоит в следующем. На матрицу, подогретую до температуры 80 - 90°C, устанавливают картонную кассету с проштампованными отверстиями, которые центрируют относительно отверстий матрицы. После этого из шприцующего устройства в матрицу выдавливают необходимое количество расплавленного ЗИП, устанавливают распылитель и нагретым пуансоном оформляют верхнюю часть оболочки. После остывания пуансона и матрицы пресс-форму разжимают, и кассету с законсервированными деталями выталкивают из рабочей зоны. Производительность труда на операции по сравнению с ранее применявшимся технологическим процессом повысилась в 5 раз.

Техническая характеристика полуавтомата

Производительность, шт./ч	1200
Общая установленная мощность, кВт.....	22
Температура разогрева ЗИП, °С	180
Количество одновременно упаковываемых изделий, шт.....	30
Емкость кассеты, шт.	60
Габариты, мм	3000x2500x2000
Масса, кг.....	420

Второй агрегат, работающий с использованием ЗИП, представляет собой полуавтоматическую линию в универсальном исполнении, на которой можно производить консервацию окунанием изделий любой конфигурации длиной не

более 150 мм и весом до 1 кг.

Агрегат состоит из устройства для грануляции ЗИП производительностью 500 кг/ч, установки для консервации изделий в расплаве ЗИП; кроме того, имеются устройства для размагничивания, герметизации и клеймения изделий.

Производительность агрегата - 1200 - 2400 шт./ч, скорость транспортера - 0,75 - 1,5 м/мин, общая установленная мощность - 25 кВт, занимаемая площадь - 7 м.

Принцип работы агрегата заключается в консервации изделий методом окунания в расплав ЗИП, охлаждении оболочки струей воздуха, отрезании избытка покрытия, размагничивании, герметизации оболочки и клеймении изделий.

Покрытие изделий СЗПП может производиться окунанием, кистью и распыливанием.

При консервации топливных насосов СЗПП используют краскораспылители при давлении 2,5 - 3 ат. Покрытие толщиной 200 мкм получают при двукратном опрыскивании в течение 4 - 5 мин.

Упаковку насосов в картонную или деревянную транспортную тару производят не ранее, чем через 24 ч после консервации.

Методом окунания в СЗПП консервируют топливные форсунки и другие детали и узлы. Изделия двукратно погружают в ванну, причем между окунаниями делают выдержку 5 мин.

Расход СЗПП для консервации форсунки составляет 12 г, а насоса НД21 - около 150 г.

Расконсервация изделий от СЗПП осуществляется подрезанием ножом пленки в одном или нескольких местах, после чего она легко снимается вручную.

Широкое распространение в нашей стране и за рубежом получили методы упаковки изделий в полимерные чехлы и контейнеры.

Для упаковки изделий в полихлорвиниловую пленку АНИТИМ создана автоматическая установка, состоящая из упаковочного автомата и серийного генератора УВЧ типа ЛД1-4. Законсервированные в ингибированной смазке К-17 изделия упаковываются в пакет, состоящий из двух полихлорвиниловых пленок марки В-118 толщиной 0,19 - 0,23 мм.

Упаковка осуществляется по автоматическому циклу. Грейферным питателем изделия подаются на пленку, которая проталкивается на сварочную позицию, откуда роликами заваренный пакет направляется в приемный лоток. Производительность автомата 500 изделий в час, мощность электродвигателя 1,5 кВт, занимаемая площадь 2 м².

Указанный процесс обеспечивает трехлетний срок хранения изделий и исключает необходимость их расконсервации.

С целью повышения сохранности прецизионных пар до 5 лет создана полуавтоматическая установка, которая упаковывает изделия в двойной пакет. Установка состоит из двух синхронно работающих автоматов. Процесс включает консервацию в смазке К-17 и упаковку в полиэтиленовый и полихлорвини-

ловый пакеты.

Изделие из питателя подается на пленку и направляется в сварочную позицию, где пакет электроимпульсными нагревателями заваривается и транспортным ротором передается на второй автомат, где упаковывается в полихлорвиниловый пакет.

Техническая характеристика

Производительность, шт./ч	500
Привод исполнительных органов	Электрогидравлический
Установленная мощность, кВт	7,0
Занимаемая площадь, м	3,5

ЦНИТА разработал процесс упаковки топливных форсунок в контейнеры из полиэтилена высокого давления на специальной установке. После выполнения операций наружной и внутренней консервации по ранее описанной технологии, изделия сначала вручную вставляют в полиэтиленовый контейнер, состоящий из двух половинок, а затем собранный узел устанавливают в специальную форму на загрузочной позиции поворотного стола установки.

После этого происходят смыкание верхней и нижней частей формы и облив расплавленным полимером по периметру разъема половинок, в результате чего образуется буртик, по которому обеспечивается герметизация контейнера (рис. VIII.5). Производительность установки - около 300 изделий в час.

Для высокочастотной сварки полимерных пленок Ленинградским ЦКБ УВУ разработана серия специальных установок (табл. VIII.11). Установка ЛС2-03 - переносная и снабжена ручными сварочными клещами, а остальные установки - стационарного типа.

Во ВНИИТВЧ им. В.П. Вологодина для сварки пленок тепловым импульсом, создаваемым нагревательными элементами (одним или двумя), создан портативный аппарат типа ТСШ - 0,5 - 360.

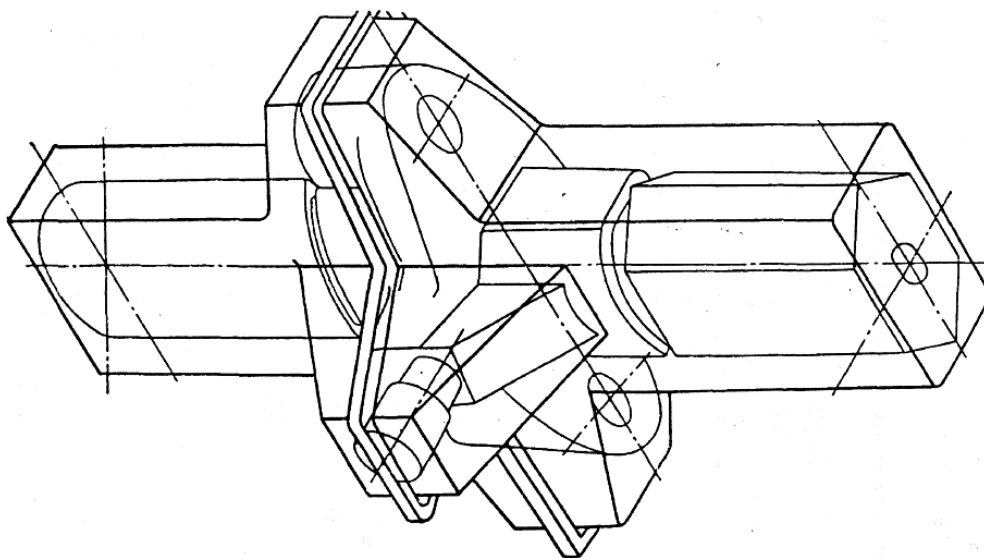


Рис. VIII.5. Внешний вид топливной форсунки в контейнере из полиэтилена.

Таблица VIII.11

Технические характеристики высокочастотных установок для сварки
термопластических материалов

Показатели	ЛС2-0,3	ЛСП1-0,6	ЛСП1-2	ЛСП1-3	ЛСП1-4
Номинальная колебательная мощность, кВт	0,25	0,63	1,6	2,5	4,0
Рабочая частота, МГц	40,68±1%	40,68±1%	40,68±1%	40,68±1%	40,68±1%
Напряжение питающей сети, В	220	220	220/380	220/380	220/380
Число фаз питающей сети	1	1	3	3	3
Мощность, потребляемая от сети, кВт	0,8	1,8	4,5	6,0	8,0
Площадь свариваемого материала, мм	2	6 - 16	20 - 40	30 - 60	50 - 100
Толщина свариваемого материала, мм	2(0,2+0,5)	2(0,2+0,8)	2(0,2+0,8)	2(0,2+0,8)	2(0,2+0,8)
Время сварки, с	1 - 3	0,5 - 5	2 - 5	2 - 5	2 - 5
Максимальное усилие прессы при давлении воздуха ~ 4 кгс/мм ² , кгс	-	200	500	1100	2000
Размеры установки, мм	360x270x x380	836x930x x1760	1050x 1120x x1935	Пресс 900x850x x2000 Генера- тор 500x700x x1500	Пресс 1075x 1000x 2250 Генера- тор 500x70x x1500
Масса установки, кг	31	360	490	700	1000

Аппарат позволяет сваривать пленки из полиэтилена, поливинилхлорида, полиамидов и других материалов толщиной 0,3 - 0,5 мм (суммарная толщина 0,6 - 1 мм). За одно включение сваривается пленка по шву длиной 360 мм. Аппарат снабжен выносным полозом, с двумя сменными нагревательными элементами, что позволяет сваривать пленки толщиной всего 0,03 мм.

ВНИИ электросварочного оборудования для термоимпульсной сварки полимерной пленки толщиной 0,5 мм разработаны специальные клещи типа КТИ-301. Аппарат потребляет мощность 0,3 кВт при частоте питающей сети 50 Гц и напряжении 220 В и обеспечивает за один цикл сварку шва длиной 150 мм и шириной 4 мм. Для сварки полиэтиленовой пленки контактным способом разработаны и изготавливаются промышленностью машины типа МСП-1 и МСП-15.

Машины типа МСП-1 устанавливают на подвесные направляющие на монорельс, по которому она движется вдоль рабочего стола по свариваемому ма-

териалу. Ею можно сваривать пленки толщиной 0,03 - 0,12 мм с различными видами швов - прямолинейным, Т-образным, нахлесточным. Сварка производится нагретой металлической лентой через прокладку из целлофана или политетрафторэтилена. Достижимая скорость сварки составляет 12 м/мин при ширине сварочного шва 5 мм. Общая мощность электродвигателей - 2,3 кВт, масса - 113 кг.

Машина типа МСП-15 выпускается в универсальном исполнении и предназначена для сварки крупногабаритных чехлов из пленки толщиной 0,08 - 0,5 мм. Благодаря наличию сменных нагревателей позволяет сваривать прямолинейные, криволинейные пространственные и плоскостные швы. Машина снабжена также ручными клещами, которые используют для сварки наиболее ответственных заключительных швов чехла. При сварке герметичных чехлов из полимерных пленок на машинах и установках любого типа для получения качественного шва очень важно выдержать требуемые режимы обработки.

В табл. VIII. 12 приведены рекомендуемые режимы сварки пленок из полиэтилена, полихлорвинила и полипропилена, которые обычно вначале отрабатывают на образцах пленки.

Таблица VIII.12

Рекомендуемые режимы сварки пленок из полиэтилена

Материал пленки	Диапазон температур сварки, °С	Режим			Охлаждение
		Температура, °С	Давление, кгс/см ²	Время выдержки, с	
Полиэтилен, толщина 30 - 300 мкм	125 - 175	150	1,4	0,2 на 0,025 мм толщины	Требуется
Полихлорвинил, толщина 200 - 500 мкм	130 - 160	150	0,14	0,5 - 1	Не требуется
Полипропилен, толщина 30 - 200 мкм	160 - 205	175	1,4	0,2 на 0,025 мм толщины	Требуется

Расконсервация. При расконсервации аппаратуры вначале удаляют барьерную упаковку. Изделия, законсервированные маслами, промывают или протирают в чистом дизельном топливе. Внутренние полости, подвергавшиеся обработке рабоче-консервационными маслами, расконсервации не подлежат, так как указанные масла служат в качестве рабочих в течение всего периода эксплуатации изделий. Снимающиеся ингибированные полимерные покрытия удаляются вручную или механическим путем после надреза на выступающих частях поверхностей изделий. Для удаления консистентных смазок изделия нагревают в ваннах с минеральным маслом до температуры 100 - 120°С, после чего протирают бязью или ветошью, смоченными в бензине, а затем насухо. Возможны также промывание горячей водой или моющим раствором с пассиваторами, сушка с последующим протиранием бязью или ветошью, смоченными в бензине, а потом насухо.

Техника безопасности при консервации и расконсервации. Участок консервации и расконсервации должен быть оборудован противопожарными средствами.

Все ванны для промывки и консервации должны быть оборудованы вытяжной вентиляцией и иметь плотно прилегающие крышки. На участке не разрешается применение открытого огня.

Вытяжной вентиляцией должны быть оборудованы также столы и шкафы, предназначенные для сушки деталей после промывки в органических растворителях. Рабочая поверхность столов должна быть обита алюминием или винипластом. На участке не разрешается хранение и прием пищи.

Все приспособления, оснастка, устройства, вентиляция, ванны и др. должны быть выполнены с учетом требований, исключающих возникновение искр от возможных ударов.

Право работать на участке имеют только лица, прошедшие специальный инструктаж.

ГЛАВА IX

НОВЫЕ МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ АППАРАТУРЫ

В процессе изготовления точных деталей аппаратуры основные трудности возникают при обработке наиболее ответственных рабочих поверхностей – отверстий и наружных цилиндрических поверхностей. В связи с этим целесообразно рассмотреть характерные особенности различных методов обработки указанных поверхностей, а также пути их усовершенствования.

Одним из важных резервов интенсификации процесса глубокого сверления отверстий является повышение подачи инструмента на один оборот детали. Факторами, ограничивающими увеличение подачи ружейного сверла, являются меньшая по сравнению со спиральным сверлом его механическая прочность вследствие наличия полости для подвода смазывающе-охлаждающей жидкости, а также одна режущая кромка. Кроме того, при увеличении подачи возрастают трудности, связанные с удалением толстой стружки по желобу ружейного сверла, ухудшается качество обработанной поверхности и снижается точность обработки.

Устранить отмеченные недостатки можно при сообщении сверлу осевых вибраций. Известно, что при вибрационном резании получается дробленая стружка, наличие которой способствует повышению производительности труда и облегчает автоматизацию процесса.

IX.1. ВИБРАЦИОННОЕ СВЕРЛЕНИЕ ОТВЕРСТИЙ РУЖЕЙНЫМИ СВЕРЛАМИ

Исследования процесса вибрационного сверления спиральными сверлами отверстий диаметром 0,2 - 0,6 мм длиной до 5 диаметров в сталях марок Ст3, У10А и латуни ЛС 59 на специально созданном вертикально-сверлильном станке с электромагнитным вибратором проведены Улитыным М.Н. и Курицыным И.Г. Частота вращения шпинделя станка - 23 - 30 тыс. об/мин, частота вибраций стола с закрепленной деталью - 50 Гц, подача сверла - 3 - 6 мкм/об, амплитуда колебания - 20 - 44 мкм, направление вибрации - вдоль оси сверла.

Применение вибрационного сверления позволило увеличить скорость резания с 4 - 5 м/мин до 20 - 27 м/мин и стойкость быстрорежущих спиральных сверл в 4 - 5 раз. Увеличение диаметра отверстия по сравнению с диаметром сверла составило 11 - 61 мкм (4 - 13 %).

Метод вибрационного кольцевого сверления глубоких отверстий диаметром 32 - 86 мм в деталях из вязких легированных сталей тонкостенными коронками описан в работе Черничкина С.А. Обработываемой детали сообщались колебания с помощью шарикового вибратора, изменение кинематики которого позволяло регулировать размеры элементов стружки.

Вибрационное сверление отверстий малого диаметра в нержавеющей и

жаропрочных сталях с помощью спиральных сверл на специальном станке было проведено в МВТУ им. Баумана. Вибрации сообщались сверлу в направлении подачи. Применение процесса вибрационного сверления позволило увеличить производительность труда при сверлении отверстий в гайках из стали 1Х18Н9Т в 1,5 раза и стойкость инструмента в 3 раза.

При хонинговании отверстий во втулках плунжера применяют головки с двумя и тремя брусками. Однако закономерности исправления некруглости отверстий при работе этих головок различны. Хонингование осуществляется на одно- и двухшпиндельных станках базовой модели 3820 со следующими режимами обработки: частота вращения шпинделя - 800 об/мин; число двойных ходов в минуту возвратно-поступательного движения шпиндельной головки - 100 - 120; радиальная подача брусков на один двойной ход - 0,5 - 1 мкм; припуск - 0,05 - 0,1 мм; машинное время - 30 с; охлаждающая жидкость - керосин. Доводка отверстий с помощью абразивной суспензии взамен пасты позволяет механизировать процесс обработки.

Для обеспечения точности геометрической формы 0,2 - 0,5 мкм наружные цилиндрические поверхности подвергают доводке чугунами дисками с использованием абразивных или алмазных паст на вертикально-доводочных станках. Режущая способность доводочных паст (абразивов) имеет важное значение для качественного протекания процесса.

Факторами, способствующими повышению производительности труда и улучшению процесса при вибрационном сверлении, являются создание благоприятных условий для удаления измельченной стружки и подвода смазывающе-охлаждающей жидкости к режущим кромкам сверла, а также облегчение процесса резания за счет изменения его кинематики.

Синусоидальное движение режущей кромки сверла и увеличение толщины срезаемого слоя по сравнению с обычным сверлением обуславливают снятие части среза в ненаклепанном металле. В связи с переменной нагрузкой на деформируемый слой металла, обуславливающей изменение толщины среза, скорости резания и рабочих углов резания, происходит изменение физического процесса пластической деформации. При указанных режимах вибросверления осуществлялось четырехкратное дробление стружки за один оборот сверла, изменение скорости резания составило 1%, а углов γ и α - 6%. При частоте 50 Гц, удвоенной амплитуде 0,5 мм и скорости резания 100 м/мин изменение кинематических углов γ , α и δ составляет $5^{\circ}20'$, а при уменьшении скорости резания до 50 м/мин - 9° . Приведенные данные свидетельствуют о существенном улучшении условий резания при точении и сверлении спиральными сверлами, что создает предпосылки для интенсификации процессов обработки.

Исследования процесса вибросверления ружейными сверлами выполнены ЦНИТА на токарно-револьверном автомате 1А124. Схема специального устройства к автомату для сообщения ружейному сверлу вибраций в направлении движения подачи приведена на рис. IX.1. В процессе испытаний использовались ружейные сверла диаметром 6,25 и 8,4 мм. Сверла диаметром 6,25 мм испытывались при сверлении втулок плунжера из термоулучшенной до HRC 22 - 30 стали 25Х5М, а диаметром 8,4 мм из стали ХВГ в состоянии поставки. Об-

рабатываемая деталь зажималась в цанговом патроне шпинделя автомата. При частоте вращения шпинделя 2200 об/мин скорость резания составляла 43 м/мин для сверл диаметром 6,25 мм и 58 м/мин для сверл диаметром 8,4 мм. Подача изменялась от 10 до 90 мкм/об. Смазывающе-охлаждающая жидкость сульфорезол через штуцер подавалась к ружейному сверлу от шестеренчатого насоса под давлением около 20 кГс/см в количестве 3,5 л в минуту.

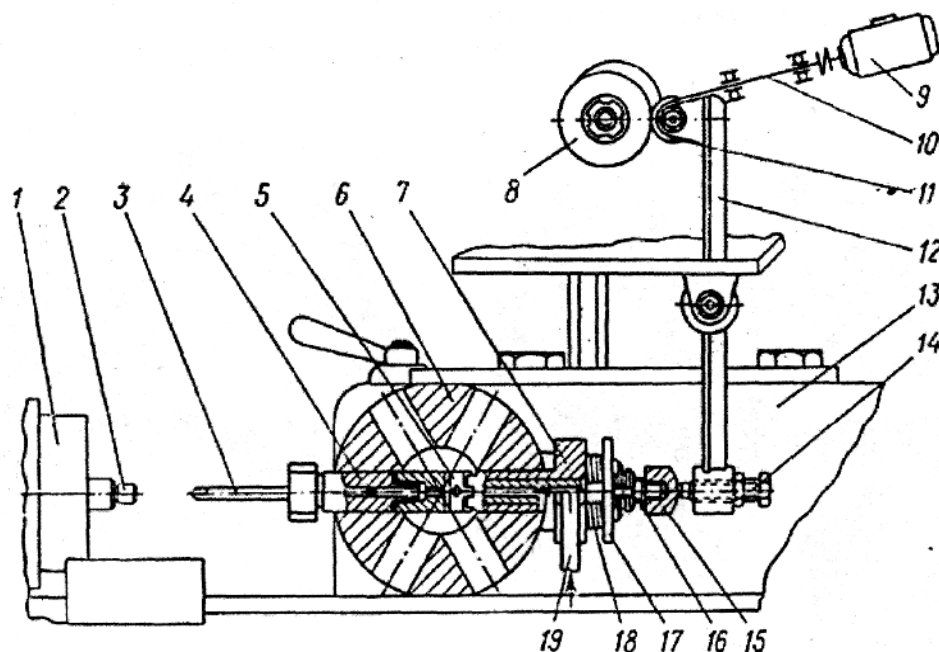


Рис. IX.1. Схема устройства к токарно-револьверному автомату для вибросверления отверстий ружейными сверлами: 1 - шпиндель автомата; 2 - обрабатываемая деталь; 3 - ружейное сверло; 4 - шпиндель; 5, 7 - втулки; 6 - револьверная головка; 8 - диск; 9 - электродвигатель; 10 - ось; 11 - ролик с лысками; 12 - рычаг; 13 - суппорт автомата; 14 - 17 - детали толкателя; 18 - пружина; 19 - штуцер для подвода СОЖ.

В качестве критерия затупления сверла приняты увеличение шероховатости обработанной поверхности (появление надиров) или износ ленточки сверла в точке ее пересечения с главной режущей гранью на 0,15 - 0,2 мм, т.е. немного более половины ширины ленточки. Осевые усилия (усилия подачи), крутящий момент, а также частота и амплитуда колебаний измерялись датчиками с волоочным преобразователем.

Исходя из необходимости дробления стружки за один оборот детали 3 - 4 раза, число вибраций для данного случая было установлено соответствующим трех- или четырехкратной частоте вращения шпинделя (детали), т.е. 6600 - 8800 колебаний в минуту.

При увеличении числа вибраций до 15 - 20 тысяч в минуту, т.е. дроблении стружки за один оборот детали 7 - 10 раз, стабильность работы вибрирующих узлов нарушалась. Внешний вид стружки, полученной при сверлении с вибрацией и без вибрации сверла, приведен на рис. IX.2. Удвоенная амплитуда колебания, обеспечиваемая вибратором, установлена большей в 1,5 - 2 раза, чем подача сверла на один оборот детали.



а



б

Рис. IX.2. Внешний вид стружки при сверлении ружейным сверлом $D\ 6,24\text{ мм}$: а - сверление без вибраций (стружка сливная); $S = 0,015\text{ мм/об}$; б - сверление с вибрацией (стружка элементная); $S = 0,03\text{ мм/об}$.

В результате выполненных исследований установлено, что сообщение ружейному сверлу осевых вибраций позволяет увеличить в 2 - 3 раза подачу инструмента без его поломки. Стойкость ружейных сверл при сверлении сталей 25X5M и ХВГ с вибрациями и без вибраций соответствовала 80 - 120 деталям между переточками (4 - 6 м длины сверления). Таким образом, суммарная стойкость сверла с учетом 8 - 10 переточек соответствует 600 - 1200 деталям.

Зависимость осевого усилия P_{oc} и крутящего момента от подачи S при вибросверлении термоулучшенной стали 25X5M сверлами диаметром 6,25 мм в пределах от 15 до 50 мкм/об имеет вид: $P_{oc} = 9,5 \cdot S = 0,65$; $M_{кр} = 1,62 \cdot S = 0,756$.

В процессе вибрационного сверления происходит изменение как переднего, так и заднего кинематических углов сверла. Расчет изменения переднего и заднего углов γ и α произведен по формулам, предложенным в работе Сатель Э.А., Подураева В.Н., Камалова В.С. и Безбородова А.М.:

$$\gamma = \gamma_0 + \arctg * \alpha \omega f \cos \omega f t / V ; \quad \alpha = \alpha_0 - \arctg * \alpha \omega f \cos \omega f t / V .$$

При амплитуде колебания 0,04 мм, частоте 370 Гц и скорости резания 56 м/мин изменения углов γ и α не превышают 5° . Таким образом, задний угол ружейного сверла, равный 15° , можно считать достаточным для нормальной работы сверла.

Точность обработки и шероховатость поверхности при вибросверлении с подачей, превышающей подачу без вибросверления в 1,5 - 2 раза, не снижаются и в среднем составляют: точность диаметра - 0,02 - 0,03 мм, точность геометрической формы - 0,01 - 0,02 мм, класс шероховатости поверхности - 6 - 8. Изменения потребляемой мощности при введении вибрации испытаниями не обнаружены.

ЦНИТА разработана специальная конструкция вибрационной шпиндельной головки (рис. IX.3), которая состоит из корпуса, шпинделя с цангой для крепления ружейного сверла, подшипников, опорной пружины, вибратора и

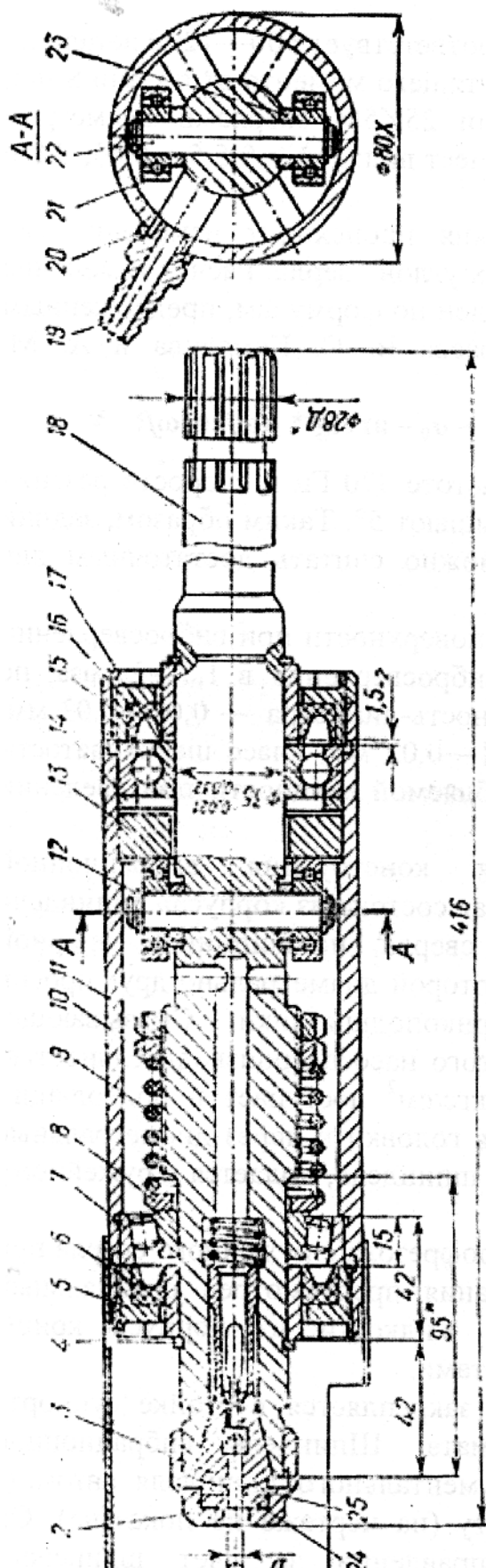


Рис. IX.3. Вибрационная шпиндельная головка к многошпиндельному токарному автомату для сверления отверстий ружейными сверлами: 1 - кожух; 2, 5, 10, 16 - гайки; 3 - цанга; 4 - упор; 6 - втулка; 7 - подшипник роликовый № 7207; 8, 12, 14 - кольца; 9 - пружина; 11 - корпус; 13 - вибратор; 15 - сальник; 17 - шарикоподшипник №207; 18 - шпиндель; 19 - штуцер; 20 - прокладка; 21 - шарикоподшипники № 201; 22 - ось подшипников; 23 - упоры; 24 - стальная шайба; 25 - кожаное уплотнение.

оси, на концах которой диаметрально друг против друга установлены радиальные шарикоподшипники.

Смазывающе-охлаждающая жидкость от шестеренчатого насоса производительностью 15 - 20 л/мин под давлением 15 - 20 кгс/см поступает в подводный штуцер, заполняет внутреннюю полость головки и через диаметрально каналы, соединенные с осевым каналом шпинделя, подается к ружейному сверлу.

Для устранения разбрызгивания сульфореола с ружейного сверла при начале сверления и после его окончания предусмотрен специальный кожух. Для предотвращения утечки жидкости из корпуса концы шпинделя снабжены резиновыми манжетами.

Вибрационная шпиндельная головка закрепляется в стойке суппорта шестшпиндельного токарного автомата. Шпиндель вибрационной головки получает вращение от инструментального шпинделя автомата через шлицевую соединительную муфту (на чертеже не показана). Он может перемещаться в осевом направлении за счет шлицевого соединения.

Работа вибрационного узла осуществляется следующим образом. На корпусе неподвижно

укреплен вибратор, торец которого имеет радиальные канавки. Вибратор прижимается пружиной к наружным обоймам шарикоподшипников, которые обкатываются по его поверхности, в результате чего возникают осевые вибрации, удвоенная амплитуда которых равна глубине канавок. С целью повышения долговечности вибрационного узла радиальные подшипники были заменены игольчатыми. По расчетным данным долговечность игольчатого подшипника выше, чем шарикоподшипника, более чем в 50 раз. Повышение долговечности ступенчатой шайбы вибрационного узла может быть достигнуто за счет применения более износостойких марок сталей. Конструкция вибратора ремонтоспособна: при износе торца и уменьшении глубины впадин деталь можно перешлифовывать до требуемого размера.

Уменьшение толщины вибратора на 1 - 1,5 мм не ухудшает работы узла. Схема обработки втулки плунжера длиной 62 мм на автомате 1А240-6 с использованием виброшпинделя приведена на рис. IX.4.

Работа производится по автоматическому циклу с использованием холоднокатаных прутков D 22 мм из стали ХВГ или ШХ15 длиной 4 - 6 м. Чтобы

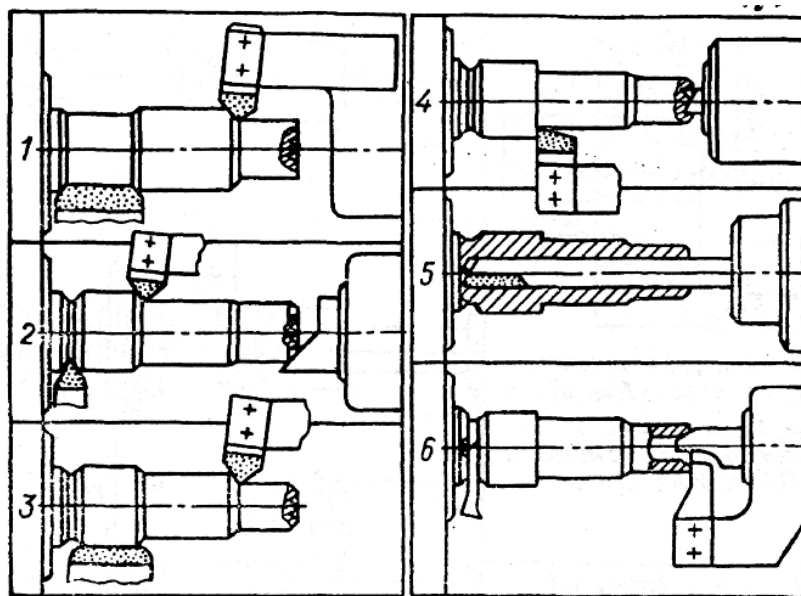


Рис. IX.4. Схема обработки втулки плунжера на токарном автомате 1А240-6.

обеспечить ружейному сверлу направление, в прутке в начальный момент работы производят зацентровку заготовки, а для устранения заусенцев на выходе сверла глубину сверления ружейным сверлом принимают несколько большей, чем длина отверстия (на 0,5 - 1 мм).

Цикл обработки - 40 с, в том числе на выполнение рабочих переходов - 37,4 с. Режимы обработки: частота

вращения главных шпинделей - 443 об/мин; частота вращения ружейного сверла - 1637 об/мин; скорость резания при наружной обточке (максимальная) - 30,5 м/мин, а при вибросверлении ружейным сверлом диаметром 8,4 мм - 55 м/мин. Подача инструмента: при наружной обточке - 0,1 мм/об при отрезке и подрезке - 0,018 мм/об; при вибросверлении - 0,047 мм/об. Число колебаний ружейного сверла при шести канавках на вибраторе 9822 колебания в минуту.

Смазывающе-охлаждающая жидкость сульфорезол подается насосной станцией под давлением 18 - 20 кгс/см². Проходные резцы оснащены пластинками твердого сплава Т15К6, плоские резцы - пластинками твердого сплава ВК8, отрезной и подрезные резцы - из стали Р18. Режущие и опорные пластинки ружейного сверла - из твердого сплава ВК8.

При работе автомата возможно попадание вместе с сульфорезолом в зо-

ну подшипникового узла виброшпинделя мелкой стружки, поэтому для улучшения качества очистки сульфорезола применяют сетчатые фильтры и магнитный сепаратор.

Эскиз обработанной детали	Эскизы переходов	Эскизы переходов
1. Радиальное биение отб. $\phi 5,75$ относительно оси отб. $\phi 5,04$ не более 0,06 мм 2. Радиальное биение отб. $\phi 5,75$ относительно общей оси поверхности $\phi 10,1$ и $\phi 17,5$ не более 0,1 мм.		
Контроль обработанной детали рад. $\phi 17,5$: $\phi 10,1$: $53,6$: 47: 22: $25,85$; $1,8$ - 2% $\phi 5,04$: $\phi 5,75$ - 5% Шероховатость отб. $\phi 5,75$; $5,04$ - 50% Биение по Т.Т. - 5%		

Рис. IX.5. Схема обработки корпуса распылителя на токарном автомате 1А225-6.

Полученная в производственных условиях точность обработки отверстия диаметром 8,4 мм длиной 62 мм составила: точность диаметра - 0,03 - 0,05 мм; изогнутость оси - 0,003 - 0,005 мм; конусообразность - 0,01 - 0,02 мм; увод сверла относительно оси детали - не более 0,05 мм; класс шероховатости поверхности - 6 - 7. Вибрационное сверление ружейным сверлом диаметром 5,08 мм на шестипиндельном токарном автомате 1А225 - 6 оказалось весьма эффективным и при изготовлении корпуса бесштифтового распылителя (рис. IX.5), которое внедрено взамен малопроизводительной обработки отверстия спиральными сверлами. Вначале обрабатывается наружный контур детали, центруется торец, после чего спиральным сверлом засверливаются отверстие диаметром 4,9 мм на длине 4,9 мм и выточка диаметром 6,2 мм на длине 1,8 мм. На четвертой позиции производится вибросверление ружейным сверлом диаметром 5,08 мм, которое осуществляется с автоматической подачей на всей длине отверстия, равной 47 мм. При этом обеспечивается допуск на диаметр отверстия 0,06 мм и 6-й класс шероховатости поверхности. На пятой позиции спиральным сверлом рассверливается отверстие диаметром 5,75 мм, на шестой позиции подрезается торец и обтачивается диаметр 10,1 мм дисковым резцом, после чего деталь отрезается.

Ружейное сверло диаметром 5,08 мм (рис. IX.6) представляет собой цельный стержень из стали марки 40Х, термообработанный до твердости *HRC* 25 - 30 с фрезерованным под углом 120° желобом. На хвостовике сверла закреплен наконечник диаметром 10 мм, предотвращающий деформацию сверла при зажиме в цанге. Сверло оснащено двумя опорными и одной режущей пластинками из твердого сплава марки ВК8.

В специальный продольный паз, расположенный с противоположной стороны желоба, впаяна оловом латунная трубка, имеющая наружный диаметр 1,5 мм и внутренний диаметр 1 мм для подвода в зону обработки смазывающе-охлаждающей жидкости под давлением.

Геометрические параметры режущей части сверла: углы в плане ($\varphi_1 = 60^\circ$ и $\varphi_2 = 70^\circ$; задние углы $\alpha_1 = \alpha_2 = 15^\circ$; длина режущей пластинки - 10 мм; длина опорных пластинок - 12 мм; расстояние вершины от оси - 1 мм; занижение передней поверхности, определяющее величину «нулевого» стержня - 0,1 мм.

В производственных условиях установлены следующие режимы обработки на автоматах 1А240-6: частота вращения виброшпинделя 2900 об/мин; частота вращения основных шпинделей автомата 543 об/мин; число колебаний ружейного сверла в минуту 11600; продольная подача ружейного сверла 0,015 мм/об; двойная амплитуда колебаний ружейного сверла 0,03 мм; общий цикл обработки корпуса распылителя 60 с; давление смазывающе-охлаждающей жидкости 15 - 20 атм; скорость резания ружейного сверла 55 м/мин.

Внедрение нового процесса автоматной обработки позволило: 1) снизить трудоемкость изготовления на 25 - 30%; 2) обеспечить требуемую точность обработки, в том числе высокий класс шероховатости поверхности отверстия диаметром 5 мм, биение оси отверстия относительно наружного диаметра не более 0,1 мм.

Суммарная стойкость ружейного сверла при выполнении 5 - 7 переточек составляет 500 - 700 деталей или 25 - 30 метров длины сверления. Стойкость между переточками - 100 - 150 деталей или 100 - 150 мин машинного времени.

IX.2. АЛМАЗНОЕ ХОНИНГОВАНИЕ ОТВЕРСТИЙ

Точность обработки. Обеспечение высокой точности размера и геометрической формы отверстия при алмазном хонинговании во многом зависит от точности заготовки. Так как изогнутость оси, конусообразность и некруглость отверстия после окончательной обработки (доводки притирами) не должны превышать 0,0005 - 0,001 мм, то допустимая погрешность после алмазного хонингования должна быть не более 0,005 - 0,01 мм, чтобы оставшийся припуск, равный 0,02 - 0,03 мм, обеспечил бы их компенсацию.

Устранение таких погрешностей в продольном сечении как конусообразность, бочкообразность и седлообразность достигается в основном правильным подбором длины брусков и величиной их перебега в крайних положениях.

Обычно длина брусков принимается равной длине отверстия, а перебег составляет от 1/3 до 1/2 длины бруска.

На эффективность исправления некруглости отверстия важное влияние оказывает число брусков в хонинговальной головке. Зажимное приспособление должно позволять детали свободно перемещаться в горизонтальной плоскости; перемещение детали в вертикальной плоскости и вращение детали ограничиваются упорами.

Для определения влияния количества брусков на точность отверстия в поперечном сечении будем считать, что перед хонингованием отверстие имеет овальную форму с овальностью 0,005 мм, а также, что в продолжение одного оборота головки радиальная подача брусков отсутствует. Тогда при наличии в отверстии двух брусков, расположенных один против другого, радиальные составляющие усилия резания, приложенные к брускам, равны между собой. Максимальные значения составляющих будут иметь в момент прохождения через сечение с наименьшим диаметром, и, наоборот, в сечении с наибольшим диаметром они будут иметь минимальные значения. Так как глубина резания по хонингованию составляет 0,0005 - 0,001 мм, а овальность принята равной 0,005 мм, то в сечении с наибольшим значением диаметра между брусками и отверстием окажется зазор, и процесс обработки будет отсутствовать.

Таким образом, до момента исправления овальности глубина резания будет переменной и колебаться от своего наибольшего значения до нуля до тех пор, пока не будет выбран зазор.

В процессе резания бруски и обрабатываемая деталь подвергаются упругим деформациям. Подсчитанная по формуле $\Delta l = PL/EF$ упругая деформация одного бруска составит 0,02 мкм, а двух брусков 0,04 мкм. Общая деформация двух брусков и стальной иглы хонинговальной головки не превысит 0,08 - 0,1 мкм. Так как максимальный диаметральный зазор между отверстием и брусками значительно больше и составляет 3 - 4 мкм, то значением упругой деформации инструмента можно пренебречь.

Практически не оказывает никакого влияния на характер исправления овальности и деформация отверстия самой обрабатываемой детали под воздействием внутреннего разжимающего усилия, которая может быть подсчитана по формуле для сосудов с толстыми стенками:

$$U = aP / E(a^2 + b^2 / b^2 - a^2 + \mu),$$

где U - радиальное перемещение внутренней поверхности; a - радиус отверстия; b - радиус наружного цилиндра; P - внутреннее давление; E - модуль упругости; μ - коэффициент Пуассона.

Если наружный диаметр втулки плунжера равен 22 мм, диаметр отверстия 8,5 мм, $P = 15 \text{ кг/см}^2$, то деформация оказывается ничтожно малой и составляет всего 0,003 мкм на радиус или 0,006 мкм на диаметр отверстия.

Таким образом, при использовании двухбрусковых хонинговальных головок и брусков, имеющих высокую режущую способность, процесс исправления овальности отверстия должен осуществляться интенсивно.

В случае использования трехбрусковых головок (бруски расположены через 120°) равнодействующая усилий, приложенных к брускам, не равна нулю, а стремится отжать хонинговальную головку в сторону зазоров, образующихся

между брусками и отверстием ввиду наличия овальности. В результате этого бруски будут срезать примерно одинаковый припуск и копировать форму отверстия в поперечном сечении.

Практические данные, полученные при измерении большого количества деталей, подтверждают сделанные выводы. Так, при хонинговании втулок плунжера диаметром 8,4 мм с исходной овальностью 0,005 - 0,007 мм двухбрусковыми головками при снятии припуска 0,07 мм получена овальность 0,001 - 0,002 мм и менее, а трехбрусковыми головками - 0,003 - 0,004 мм.

Значительно сложнее проблема исправления изогнутости оси отверстия. В этом случае жесткость инструмента и режущая способность брусков оказывают основное влияние на интенсивность исправления указанной погрешности. Чем больше жесткость инструмента, тем выше достигаемая при его использовании точность обработки.

В табл. IX.1 представлены данные уменьшения $H_{из}$ в зависимости от удаленного припуска при использовании инструментов с различной режущей способностью. Исходная величина во всех случаях принята одинаковой и равной 15 мкм на длине отверстия 40 мм, материал детали - сталь 25X5М после азотирования, твердость по Виккерсу HV 820 - 1000 кгс/мм².

Режимы обработки: окружная скорость режущего инструмента - 15 м/мин; радиальная подача брусков - 0,5 мкм/дв. ход; число двойных ходов медленного возвратно-поступательного движения (осцилляции) - 375 дв. ход/мин; амплитуда медленного возвратно-поступательного движения - 52 мм; амплитуда быстрого возвратно-поступательного движения (осцилляции) - 5 мм, охлаждающая жидкость - керосин с маслом в пропорции 9:1.

Как видно из таблицы, при условной концентрации алмаза в брусках, равной 190%, интенсивность исправления изогнутости оси отверстия значительно большая, чем при использовании абразивных брусков и алмазных брусков с меньшей концентрацией алмаза. При наличии «выхаживания», т.е. при работе с прекращенной радиальной подачей брусков, интенсивность исправления увеличивается, особенно в течении первых 10 - 15 с «выхаживания».

Таблица IX.1

Изменения изогнутости отверстия при различных условиях обработки

Метод обработки и характеристика режущего инструмента	Уменьшение изогнутости оси отверстия, мкм, при съёмке припуска на диаметр отверстия, мм		
	0,02	0,05	0,1
Хонингование алмазными брусками, зернистость алмаза 125/100, концентрация алмаза 115%	1,5 - 2	4 - 5	6,5 - 8
Хонингование алмазными брусками, зернистость алмаза 125/100, концентрация алмаза 190%	2,5 - 3	7 - 8	10 - 12
Хонингование брусками из электрокорунда, зернистость 125/100, связка бакелитовая	1 - 2	2,5 - 3	4 - 6

Характер исправления изогнутости оси также зависит от ее исходной величины: при больших значениях погрешности процесс исправления в абсолютных величинах осуществляется более интенсивно. Полученная экспериментально аналитическая зависимость исходной изогнутости оси отверстия $H_{исх}$ и диаметрального съема (припуска) δ при алмазном хонинговании отверстий диаметром 6,35 мм длиной 40 мм в случае использования брусков с концентрацией алмаза 180 - 200% имеет вид $\delta = 22H_{исх}^{0,8}$ где δ и $H_{исх}$ заданы в микрометрах. Изменение концентрации алмаза не оказывает существенного влияния на шероховатость обработанной поверхности.

Наибольшее влияние на шероховатость поверхности оказывает радиальная подача, при увеличении которой интенсивность исправления изогнутости оси отверстия уменьшается, а высота микронеровностей увеличивается.

Необходимым условием обеспечения высокой точности и класса шероховатости обработанной поверхности при хонинговании отверстий является сочетание значений окружной скорости $V_{окр}$ и ускорений медленного возвратно-поступательного и осциллирующего движений a_m и $a_{осц}$ (при наличии последнего), которое исключает возможность прохождения режущими зернами брусков по одному следу несколько раз.

Для решения указанной задачи необходимо знание траектории движения отдельного зерна, а также длины дуги контакта зерна с обрабатываемой деталью.

Траекторию движения зерна можно определить с помощью следующей системы уравнений:

$$x = R \cdot \cos \varphi$$

$$y = R \cdot \sin \varphi$$

$$z = \pm a_m \pm a_{осц} / 2(30\varphi / \pi)^2.$$

Длину дуги контакта L можно определить после дифференцирования значений x , y и z : $dL = dx^2 + dy^2 + dz^2$ и последующего интегрирования:

$$L = 2R^2 + \left[900 / \pi^2 n^2 (\pm a_m \pm a_{осц}) \varphi \right] d\psi,$$

где R - радиус окружности, описываемой зерном; ψ - угол поворота.

Хонингование закаленной стали. При хонинговании отверстий во втулках плунжеров из сталей ХВГ и ШХ15, закаленных до HRC 60 - 65, обычно применяют бруски с режущим слоем из натурального алмаза с условной концентрацией 125 - 150% на связке М1.

В лабораторных условиях на станке 3820 - 1 исследована возможность использования в качестве материала для изготовления брусков синтетических алмазов марок САМ, АСВ и АСК. Бруски изготавливали с условной концентрацией алмаза в режущем слое от 50 до 200% на стандартной связке М1, содержащей 80% меди и 20% олова с удельным давлением прессования 2,8 тс/см². Опыты проводили на закаленных втулках плунжера из стали ХВГ с твердостью HRC 60 - 65, диаметром отверстия 8,5 мм и длиной 62 мм.

Исследования показали, что на связке МІ не удастся получить хорошей работоспособности брусков при использовании всех испытанных синтетических алмазов. В процессе работы бруски сильно грелись, возникали недопустимые перегрузки инструмента, что приводило к его поломке.

В связи с этим возникла необходимость изыскания новых составов связок и определения оптимальных концентраций алмазного порошка. При этом была поставлена задача: обеспечить наиболее важное качество алмазного инструмента - хорошую самозатачиваемость, т.е. отсутствие засаливания и высокую износостойкость. Для этого связка инструмента должна подбираться таким образом, чтобы скорость ее износа была пропорциональна скорости затупления и выпада алмазных зерен. Поэтому наряду с прочностью, теплостойкостью, хрупкостью, пористостью материал связки должен иметь высокую прочность сцепления (адгезию) с алмазными зернами. Вместе с тем связка должна обладать низкой адгезионной способностью по отношению к обрабатываемому материалу и низким коэффициентом трения.

В процессе длительных лабораторных исследований ЦНИТА разработан новый состав связки, который в основном удовлетворяет этим требованиям. Производственные испытания подтвердили высокую эффективность новой связки. Во всех опытных работах использованы алмазы зернистостью 160/125.

Одной из важнейших характеристик алмазного бруска, определяющей его режущую способность, производительность и износостойкость, является концентрация алмаза в рабочем слое.

Установлено, что бруски с высокой концентрацией алмаза (от 100 до 200%) больше подвержены засаливанию, что приводит к перегрузке инструмента. Уменьшение концентрации алмаза до 75% повысило работоспособность брусков, производительность процесса и уменьшило удельный расход.

Исследования режущих способностей натурального и синтетических алмазов марок АСВ, АСБ, САМ и АСК показали, что при хонинговании закаленных сталей их режущие свойства и износостойкость находятся в прямой зависимости от прочности алмазов.

На основании данных исследований установлено, что: из исследованных синтетических алмазов лучшие результаты показали САМ и АСК, которые по режущей способности и удельному расходу не уступают натуральным алмазам; наибольшую стойкость показали бруски с концентрацией алмаза 75%, спеченные при 650°C на специальной связке ЦНИТА; удельный расход алмазов САМ и АСК зернистостью 160/125 при концентрации 75% составил 0,42 мг/г, а удельный расход брусков из натуральных алмазов, спеченных при 700°C на связке МІ при аналогичном давлении прессования, равен 0,9 мг/г.

Хонингование термоулучшенной стали. Известно, что алмазное хонингование незакаленных сталей осуществляется крайне трудно, удельный расход алмаза при этом значительно выше, чем при обработке закаленных сталей.

В 1970 - 1971 гг. на ВЗТА был внедрен процесс алмазного хонингования брусками из натурального алмаза зернистостью 160/125 на связке МІ с концентрацией 50 - 75% отверстия диаметром 7,9 мм длиной 62 мм втулки плунжера, изготавливаемой из стали 25Х5М в термоулучшенном состоянии (*HRC* 22 - 28).

Возможность замены натурального алмаза была исследована при испытаниях хонинговальных брусков, изготовленных из эльбора и кубонита, а также из синтетических алмазов САМ, АСБ и АСВ. Зернистость всех материалов 160/125, связка М1. Испытания проводились на станке 3820-1 при следующих режимах: частота вращения шпинделя - 800 об/мин; число двойных ходов в минуту возвратно-поступательного движения шпиндельной головки - 120; радиальная подача брусков на один двойной ход - 0,2 - 0,6 мкм; припуск - 0,07 - 0,10 мм; машинное время - 50 с; смазывающе-охлаждающая жидкость - керосин.

Испытания показали, что бруски из эльбора и кубонита на связке М1 для работы практически непригодны. Бруски из синтетических алмазов АСБ, АСВ и САМ при концентрации 50% обеспечивали стойкость, равноценную натуральному алмазу и удовлетворительные режущие свойства.

Однако ввиду большого удельного расхода как натуральных, так и синтетических алмазов (2 - 3 мг/г), проведены испытания брусков на новой связке ЦНИТА, показавшей хорошие результаты при хонинговании закаленных сталей.

В результате испытаний установлено, что удельный расход алмаза при использовании новой связки значительно снизился и составил около 1 мг/г.

Новая связка и синтетические алмазы САМ и АСК для изготовления хонинговальных брусков при обработке втулок плунжера из стали ХВГ и 25Х5М внедрены в производство на КЗТЗ и ВЗТА.

IX.3. ДОВОДКА

Доводка с использованием абразивной суспензии взамен пасты. Для подачи абразивной суспензии требуется установка, которая должна производить тщательное смешивание всех компонентов и равномерную подачу в зону обработки, а также очищать суспензию от металлических включений - продуктов износа притиров и стружки. Обычно подача суспензии производится с помощью помпы. Струя суспензии направляется в зону обработки в виде восходящего фонтана. Улавливание металлических включений производится магнитными патронами. Включение подачи суспензии происходит автоматически в момент начала опускания шпиндельной головки и разжима инструмента, а выключение - по окончании цикла обработки. Смешивание компонентов суспензии может осуществляться механически с помощью крыльчатки, установленной на одном валу с помпой, а также сжатым воздухом. Лучшие результаты достигаются при механическом перемешивании.

Сравнительные испытания процессов доводки с помощью доводочных паст и абразивной суспензии проведены при обработке отверстий диаметром 8,4 мм во втулках плунжера рядного насоса, изготавливаемых из стали ХВГ и термообработанных на твердость *HRC* 60 - 65.

В качестве оборудования использовался станок 3820-Д, соединенный с установкой для подачи суспензии. Притир закреплялся в шпинделе станка на специальной конусной оправке с конусностью 1 : 50.

Составы применявшихся доводочных паст указаны в табл. IX.2. Состав суспензии: микропорошок - 20%, керосин - 60 %, веретенное масло - 10%, олеиновая кислота - 10%. Все опыты проводились при частоте вращения 200 об/мин. Продолжительность процесса доводки устанавливалась по реле времени. Съём металла с детали, а также износ притира определяли взвешиванием на аналитических весах с точностью 0,1 мг.

Для получения достоверных результатов обрабатывали пять деталей и определяли среднее значение.

Таблица IX.2

Составы доводочных паст

Рецептура паст	Наименование пасты										
	M1				M5			M28			
	Массовое содержание (%) паст, изготовленных на заводах										
	ЛКЗ	ХТЗ	ВЗ ТА	АМЗ	ЛКЗ	ВЗ ТА	АМЗ	ЛКЗ	ХТЗ	ВЗ ТА	КЗ ТЗ
Оксись алюминия	15	17	18	25	65	52	60	65	49	55	55
Олеиновая кислота	45	40	42	20	25	30	20	25	20	25	15
Стеарин	30	35	31	35	-	18	15	-	7	15	20
Парафин	6	-	9	-	9	-	-	9	7	-	-
Костное масло	-	8	-	20	-	-	5	-	-	-	10
Керосин	4	-	-	-	1	-	-	1	1	5	-
Оксись хрома	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-

Как видно из рис. IX.7, при доводке пастой съём металла с обрабатываемой детали вначале возрастает, а затем почти прекращается. Это является следствием того, что в начале доводки основная часть пасты выдавливается из зоны обработки, а последующего подвода абразива не производится. Кроме того, режущая способность шаржированного в притир абразива снижается. При доводке суспензией съём металла осуществляется равномерно и практически одинаков в любом интервале времени обработки. Это объясняется более интенсивным по сравнению с пастой поступлением абразива в зону резания и удалением из нее продуктов обработки. В целом производительность процесса доводки с абразивной суспензией примерно равна производительности доводки пастой при коротких циклах обработки (до 30 с), но значительно выше при более продолжительных циклах (45 - 60 с).

Износ притира при доводке суспензий на всех режимах в 1,5 - 2 раза меньше, чем при доводке пастой. С увеличением зернистости абразива и времени обработки износ притиров при доводке как пастой, так и суспензией увеличивается. Производительность процесса с увеличением зернистости абразива

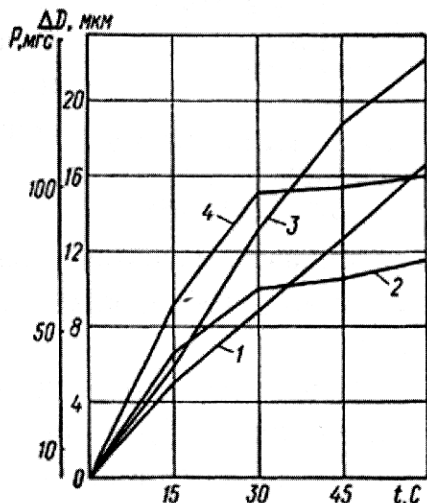


Рис. IX.7. Производительность процессов доводки отверстий пастой и суспензией: 1 – суспензия ЭБМ7; 2 – паста ЭБМ7; 3 – суспензия ЭБМ28; 4 – паста ЭБМ28.

увеличивается как при работе пастой, так и при работе суспензией. Однако при доводке суспензией увеличение производительности более значительно.

Установлено, что повышение концентрации абразива в суспензии с 10 до 20% обеспечивает увеличение съема металла и улучшает шероховатость поверхности на 1 - 2 класса по сравнению с доводкой пастой.

Изменение концентрации абразива не влияет на шероховатость обработанной поверхности. Таким образом, производительность процессов при доводке пастой и суспензией примерно равна, а стойкость притирков при доводке суспензией увеличивается в 1,5 - 2 раза. Доводка суспензией обеспечивает более высокий класс шероховатости поверхности, чем доводка пастой.

Влияние жесткости инструмента и режимов обработки на интенсивность исправления изогнутости оси отверстия. В процессе доводки изогнутого отверстия притир вместе с разжимающей его конусной иглой подвергается изгибу, причем в самом простом случае наибольшая стрела прогиба инструмента равна $f = Pt^3 / 48EJ$, где P - усилие изгиба; f - наибольшая стрела прогиба; t - длина участка прогиба; E - модуль упругости материала инструмента; J - момент инерции поперечного сечения инструмента.

При упругой деформации инструмента силы реакции концентрируются в зонах А, В и С, где возникают высокие удельные давления, происходит более интенсивный съем металла и, как следствие, исправление изогнутости оси отверстия (рис. IX.8).

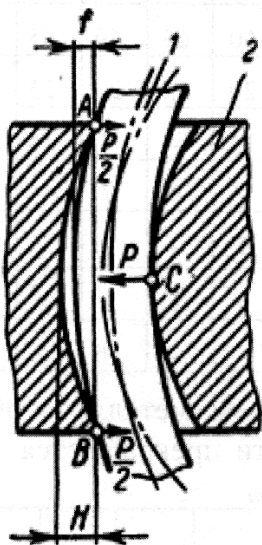


Рис. IX.8. Схема доводки изогнутого отверстия.

Таким образом, чем выше жесткость инструмента, тем более интенсивно будут исправляться погрешности геометрической формы отверстия в продольном сечении.

Интенсивность исправления изогнутости оси отверстия обычно характеризуют коэффициентом, который представляет собой отношение разности исходной и результирующей изогнутости к радиальному съему, т.е. $K_H = (H_1 - H_2) / (r_2 - r_1)$, где K_H - коэффициент интенсивности; H_1 и H_2 - изогнутость оси до и после доводки; r_1 и r_2 - радиусы отверстия до и после доводки.

Коэффициент K_H зависит от жесткости инструмента, режимов обработки, материала обрабатываемого

мой детали, режущей способности инструмента, а также исходной изогнутости оси отверстия. Влияние режимов обработки и других факторов на коэффициент интенсивности исправления изогнутости оси отверстия исследовали Локшин М.Л. и Гольдфарб И.Я.

При проведении опытов были выбраны партии по 50 втулок плунжера длиной 62 мм с диаметром отверстия 9 мм, прошедших первую предварительную доводку и имевших шероховатость поверхности 9-го класса.

У каждой втулки замерялась изогнутость оси, а также диаметры отверстия в пяти сечениях. После доводки вновь замерялись изогнутость оси и диаметры отверстия. Для получения сравнимых результатов каждая партия втулок подбиралась таким образом, чтобы средняя исходная изогнутость оси составляла 1,9 - 2,0 мкм. Результаты исследований приведены на рис. IX.9.

Влияние подачи исследовалось при следующих ее значениях на один двойной ход притира (при величине двойного хода 45 мм): 0,29; 0,145 и 0,096 мкм. С увеличением подачи коэффициент интенсивности исправления изогнутости оси интенсивности уменьшается. Исследование влияния величины двойного хода притира производилось при значениях, равных 29, 45, 60 и 70 мм, длине притира 60 мм и постоянной подаче 0,145 мкм/дв. ход.

Установлено, что с увеличением относительной длины двойного хода в (отношения длины двойного хода к длине обрабатываемого отверстия) коэффициент интенсивности исправления изогнутости оси отверстия уменьшается, т.е. устранение изогнутости оси отверстия лучше осуществлять на коротких ходах, хотя при этом в отверстии появляется бочкообразность.

С целью установления влияния относительной длины притира (отношение длины притира к длине отверстия) на коэффициент интенсивности производилась доводка отверстий с подачей 0,145 мкм/дв. ход при длине двойного

хода 45 мм. Опыты производились притирами длиной 29, 45, 53, 68 и 70 мм.

При увеличении относительной длины притира до значений $l_{отн}$ 0,95 - 1,08 коэффициент $K_{и}$ резко увеличивается, а в дальнейшем его значения стабилизируются. Таким образом, увеличение длины притира свыше длины отверстия нецелесообразно.

При значениях $H_{исх} = 1 - 3$ мкм коэффициент интенсивности прямо пропорционален величине исходной изогнутости оси. Это объясняется тем, что с увеличением исходной изогнутости оси соответственно увеличивается (при

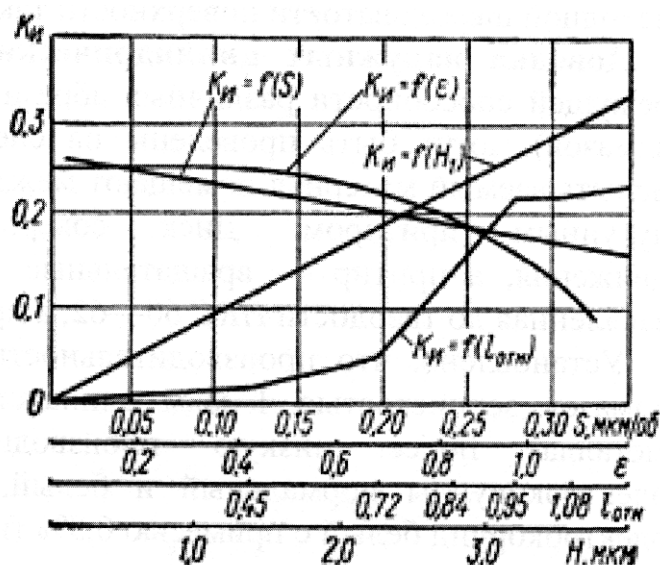


Рис. IX.9. Влияние режимов обработки и относительной длины притира на интенсивность исправления изогнутости оси при доводке.

прочих постоянных факторах) и наибольшая стрела прогиба инструмента f , а это вызывает рост реакции со стороны инструмента на доводимую поверхность, что, в свою очередь, приводит к более интенсивному съему припуска в зонах расположения этих точек и к ускорению исправления изогнутости оси.

Интенсивность исправления изогнутости оси отверстия с увеличением исходной шероховатости поверхности также возрастает.

Доводка наружных цилиндрических поверхностей. Исследования режущей способности различных абразивных материалов (в том числе и алмазов) могут быть проведены на специальной установке, в которой испытываемый материал помещают между стальным диском (образцом) и чугуном притиром. Диск совершает возвратно-поступательные движения, а притир - вращательные. Материал диска - сталь ХВГ, закаленная до твердости HRC 60 - 62, а притира - серый чугун.

Установлено, что производительность синтетических и естественных алмазов зернистостью 1 мкм одинакова и составляет 20 мг снятого металла. Более низкую производительность 4 - 6 мг имеют электрокорунды нормальный и белый, окись алюминия, монокорунд, электрокорунд белый с примесью 0,5% титана (8 - 9 мг).

Таким образом, при данных условиях испытания режущая способность синтетических и естественных алмазов выше, чем других абразивных материалов, в 2,2 - 5 раз.

Влияние удельного давления на точность обработки. При обработке на вертикально-доводочных станках типа 3Б814 доводочные диски необходимо совместно притирать по рабочим плоскостям (вручную или механическим путем) с использованием абразивных порошков различной зернистости. Контроль качества притирки дисков осуществляют визуально по «сетке», которая образуется в результате царапания абразивными зёрнами при перемещении одного диска по другому во взаимно перпендикулярных направлениях. Наличие равномерной сетки по всей плоскости диска обеспечивает достижение требуемой точности изготовления деталей. При наличии отдельных пятен на дисках их притирку продолжают. Для достижения более высокой точности обработки совместной притирке подвергают не два, а три доводочных диска в определенной последовательности.

Кроме визуального контроля плоскостности дисков по наличию «сетки» возможно использование специальных приборов и приспособлений, в частности, головки опикатора с ценой деления 0,1 - 0,2 мкм.

Важным фактором, оказывающим влияние на точность и производительность процесса доводки цилиндрических поверхностей, является удельное давление между диском и деталью.

Ширина площадки контакта (в сантиметрах) равна:

$$C = 1,6 \cdot PD \left(1 - \mu_1^2 / E_1 + 1 + \mu_2^2 / E_2 \right),$$

где P - нагрузка на единицу длины, кг/см; D - диаметр детали, см; $\mu_1 = 0,3$ - коэффициент Пуассона материала детали (сталь); $\mu_2 = 0,25$ - коэффициент Пуассона диска (чугун); $E_1 = 2,1 \cdot 10^6$ - модуль упругости материала детали (сталь),

кГс/см²; $E_2 = 1,5 \cdot 10^6$ - модуль упругости материала диска (чугун), кГс/см².

Наибольшее давление q_0 (в килограммах на квадратный сантиметр) на участке контакта равно:

$$q_0 = 0,798 \cdot p / D \left(1 - \mu_2 / E_1 + 1 + \mu_2^2 / E_2 \right).$$

Цилиндрические поверхности деталей прецизионных пар, подвергающихся доводке дисками, можно разделить на следующие виды: гладкие с одним или несколькими кольцевыми либо спиральными пазами, расположенными таким образом, что они пересекают все образующие цилиндра, вследствие чего в любой осевой плоскости длина образующих цилиндра постоянна; с двумя симметрично расположенными прямыми пазами одинаковых размеров, расположенных вдоль оси детали; с односторонне расположенными пазами на части своей длины.

Искажения формы в поперечном сечении происходят вследствие неодинакового удаления припуска с различных участков доводимой поверхности.

Экспериментально установлено, что съем припуска при прочих равных условиях изменяется пропорционально нагрузке на единицу длины образующей доводимой поверхности. В связи с этим у тех поверхностей, длина образующих цилиндра которых одинакова, искажения формы окружности в поперечном сечении не происходит.

При доводке деталей с несимметрично расположенными пазами длина образующих в месте расположения паза меньше, чем в местах отсутствия паза, что приводит к различным съемам припуска, изгибу стержня в осевой плоскости, проходящей через паз, и, как следствие, появлению некруглости. Наибольшего значения она достигнет в месте максимальной стрелы прогиба неуравновешенного участка стержня.

Исследования показали, что вследствие значительных колебаний рабочих давлений (массы диска совместно с усилием гидравлического прижима) от 40 до 500 кГс давление на 1 см плунжера P изменяется от 0,27 кГс/см до 4,5 кГс/см, т.е. в 18 раз, а давление - от 430,92 кГс/см² до 1787,5 кГс/см², т.е. в 4 раза. Наличие значительных колебаний недопустимо, так как в этом случае не будет обеспечена высокая точность в поперечном сечении.

Установлено, что с повышением давления от 430,92 кГс/см² до 1787,5 кГс/см², т.е. в 4 раза, некруглость обрабатываемых деталей увеличивается в 1,5 - 2 раза (с 0,0003 - 0,0005 мм до 0,0005 - 0,001 мм). Таким образом, на некруглость доводимой поверхности в поперечном сечении при доводке на вертикально-доводочном станке существенное влияние оказывает ее форма.

С целью получения минимальной некруглости необходимо избегать наличия несимметрично расположенных пазов, лысок и т.п. на доводимой поверхности стержней. Смещение в симметричных конструкциях не должно превышать 0,03 - 0,05 мм. Во всех случаях длина пазов на доводимой поверхности стержней должна быть минимальной. Удаляемый припуск при окончательной доводке должен быть не более 0,003 - 0,005 мм.

Анализ возможности шаржирования алмазных (абразивных) зерен в доводимые детали. Вследствие деформаций обрабатываемых деталей под дей-

ствием силы тяжести доводочного диска и усилия прижима возникают площадки контакта, ширина C которых колеблется от 8 до 33 мкм.

Когда концентрация алмазных микропорошков, покрывающих поверхность контакта, невелика и площадь поперечных сечений зерен меньше рабочей площади доводочных дисков, удельное давление на режущие зерна будет увеличиваться во столько раз, во сколько площадь дисков больше суммарной поверхности режущих зерен.

Рассчитаем суммарную площадь сечения алмазных зерен величиной 1 мкм для доводочных паст с массовой концентрацией алмаза 1 и 2%. Составы паст приведены в табл. IX.3.

Таблица IX.3

Составы алмазных паст, применяемых при доводке наружных цилиндрических поверхностей

Компоненты	Массовое содержание (%) в пасте №			
	1	2	3	4
Алмаз синтетический АСМ 1	-	1	-	2
Алмаз натуральный АМ 1	1	-	2	-
Стеарин	15	15	15	15
Костное масло	14	14	14	14
Говяжий жир	20	20	19	19
Олеиновая кислота	50	50	50	50

Для упрощения расчета примем, что алмазное зерно величиной 1 мкм имеет форму шара. Зная расход пасты за одно натирание дисков и массовую концентрацию алмаза в пасте, определим массу алмаза. Так как за одно натирание дисков расходуется примерно 0,5 г пасты, то при концентрации алмаза 1% его масса составит 0,005 г, а при 2% - 0,01 г. Масса одного алмазного зерна величиной 1 мкм при удельной плотности $3,5 \text{ г/см}^3$ равна $1,83 \cdot 10^{-12} \text{ г}$. Число зерен в навеске массой 0,005 г составит $0,27 \cdot 10^{10}$ шт, а в навеске массой 0,01 г составит $0,54 \cdot 10^{10}$ шт.

Если допустить, что все алмазные зерна равномерно распределяются по поверхности обоих доводочных дисков, то они займут поверхность при однопроцентной концентрации 21 см², а при двухпроцентной - 42 см². Суммарная площадь рабочих поверхностей двух доводочных дисков диаметром 400 мм равна 1180 см² (ширина рабочей плоскости 54 мм). Следовательно, алмазные зерна могут занять только 1,78% площади дисков при пасте 1% концентрации и 3,56% - при пасте 2% концентрации алмаза.

Таким образом, при работе с дисками массой 40 кг и наличии удельных давлений $q=400 - 500 \text{ кГс/см}^2$, действительные удельные давления будут равны: при 1%-ной алмазной пасте 22000 - 28 000 кГс/см²; при 2%-ной алмазной пасте 11000 - 14000 кГс/см².

При работе с дисками массой 100 и 500 кг (суммарная масса) действительное удельное давление возрастет соответственно в 2,5 - 12,5 раз.

В производственных условиях всегда будут иметь место случаи неравномерного распределения пасты на отдельных участках дисков, колебания диа-

метров доводимых деталей как между собой, так и по длине одной детали, неплоскостности дисков с местными выступами и т.д., в результате чего действительные давления увеличатся во много раз. Даже при работе с дисками массой 40 кг значения действительных удельных давлений могут возрастать до 50000 - 100000 кГс/см² (500 - 1000 кГс/мм²) и больше. Известно, что при измерении твердости вдавливанием алмазной пирамиды с углом при вершине между противоположными гранями $\alpha=136^\circ$ на приборе типа ТП твердость (кГс/мм²) равна $Hn = P/F = 1,8544 \cdot P/d^2$, где d - размер диагонали отпечатка, мм; P - нагрузка, кГс.

Определим нагрузку P , необходимую для получения отпечатка с размером по диагонали $d=1$ мкм.

Значение твердости Hn примем для сталей, из которых изготавливают плунжеры: для азотированной стали 25Х5М - 1000 кГс/мм², для закаленной стали ХВГ - 800 кГс/мм², тогда $P = Hn \cdot d^2 / 1,8544$ для $Hn = 1000$ кГс/мм² равно $P_2 = 0,54 \cdot 10^{-3}$ кГс; для $Hn = 800$ кГс/мм² равно $P_2 = 0,432 \cdot 10^{-3}$ кГс.

При $P_{дейст} = 1000$ кГс/мм² нагрузка на режущее зерно диаметром 1 мкм составит $P = 1000 \cdot \pi d^2 / 4 = 0,785 \cdot 10^{-3}$ кГс, что достаточно для его внедрения в тело детали, а тем более и в чугунный диск. Наличие мельчайших алмазных осколков в рабочих поверхностях деталей прецизионных пар не оказывает отрицательного влияния на их работоспособность.

По данным испытаний селективно собранные плунжерные пары, устанавливаемые в топливных насосах автотракторных двигателей, безотказно работают в течение 5 тыс. моточасов без заметных следов износа.

ГЛАВА X

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И МЕХАНОСБОРОЧНЫХ ЦЕХОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ АППАРАТУРЫ

Проектирование цехов требует комплексного решения ряда задач применительно к особенностям конструкции изделий и технических требований на изготовление их.

Заранее задается режим работы и структура цеха. Разрабатываются основные направления проектирования: внедрение новой техники, методов производства, прогрессивные технологические процессы; выбирается тип производства, способы определения трудоемкости; определяется необходимое количество оборудования, рабочей силы, грузооборот цеха, транспортные и грузоподъемные средства. Разрабатывается планировка цеха, его производственного и вспомогательного оборудования, площадей; разрабатываются мероприятия по механизации и автоматизации трудоемких процессов, охране труда, технике безопасности; производится разработка заданий строительным, энергетическим, сантехническим, экономическим и другим подразделениям проектной организации.

В результате анализа производственной программы, предварительного обследования действующих предприятий, разрабатываются маршруты прохождения деталей по цехам завода, и устанавливается объем работ в каждом цехе. Кроме перечисленных данных необходимо подготовить сводные данные по расходу материалов; средний процент выполнения норм по видам работ и цехам аналогичных действующих предприятий; ведомости уже установленного технологического оборудования и подлежащего модернизации; соображения о перспективном развитии конструкций изделий.

Интенсификация производств может быть обеспечена применением новых методов обработки и сборки, использованием конструкции инструментов из высококачественных материалов (новые марки быстрорежущих сталей, металлокерамики, твердых сплавов, алмазов, эльбора и др.), высокопроизводительного оборудования, концентрации технологических процессов, многоместной обработки, совмещением основного и вспомогательного времени, а также использованием автоконтроля деталей в процессе производства, гидравлических, пневматических, гидропластовых и других приспособлений, универсально-сборочных приспособлений, и механизации и автоматизации транспортных операций.

Высокую точность обработки и сборки аппаратуры с прецизионными узлами можно достигнуть снижением производственных погрешностей, увеличением количества прецизионных станков, точных заготовок, контрольных приспособлений, износостойких режущих инструментов, точной настройкой инструмента, самонастраивающихся систем активного контроля, применением методов точной обработки и сборки. Важным фактором является установление оптимальных технологических допусков на размеры заготовок и изделий.

Для получения необходимых качеств поверхностного слоя используют ряд способов технологического воздействия на деталь в процессе ее изготовле-

ния: термической, химико-термической обработки, покрытия, наклепа дробью, обкатывания шариками и роликами, раскатывания, дорнирования, чеканки.

По технологическому признаку, характерному для единичного и серийного производства, группируются цеха при технологически сходных процессах, например: крупно-токарный, мелко-токарный, корпусный, сборочный и др.

По смешанному признаку при большой номенклатуре серийного производства изготовление некоторых изделий производится по узловому признаку, например: цех золотников, компрессорный, а остальная часть - по технологическому признаку.

Для разработки технического проекта массового и крупносерийного производства в основном составляется маршрутный технологический процесс укрупнено - по операциям без указания переходов и режимов обработки.

В мелкосерийном и единичном производстве детали разбивают на группы представителей по принципу технологического подобия и разрабатывают процессы на детали-представители. Для проектирования по приведенной условной программе технологический процесс разрабатывают по маршрутным ведомостям, а затем распространяют его на остальную программу, используя коэффициенты приведения.

Наличие оптимальных комплексных типовых технологических процессов значительно облегчает работы по проектированию.

Х.1. ТИПОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И СБОРКИ УЗЛОВ АППАРАТУРЫ

Одной из основных функций Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП) является разработка и отладка технологических процессов на изготовление, сборку, контроль, испытание и транспортировку деталей, узлов и изделий.

Комплексная стандартизация элементов производственного процесса - технологии, оборудования и оснастки - является основным направлением совершенствования машиностроения и приборостроения.

Высшей ступенью и дальнейшим развитием идеи типизации технологических процессов является стандартизация технологических процессов, основной целью которой являются устранение разнообразия в технологии изготовления однотипных деталей и узлов, сокращение трудоемкости при разработке технологических процессов.

Разработка типового технологического процесса изготовления деталей точной аппаратуры преследует цель выбора и установления прогрессивных методов обработки, оборудования, оснастки, единых величин трудоемкостей выполнения операций.

Определение качества механической обработки деталей производится с помощью статистического анализа фактической точности отдельных операций технологического процесса, в результате которого строятся гистограммы распределения. Например, технология обработки длинных гидравлических и

пневматических цилиндров для нефтяного оборудования разрабатывалась на Московском заводе экспериментальных машин в течение двух лет. В результате был принят способ окончательной отделки внутренней поверхности расточной плавающей резцовой пластиной с последующим ротационным дорнированием. Это позволило получать 7 - 8-е классы шероховатости обработанной поверхности и сократить цикл изготовления цилиндров.

Обычно технология составляется только для головной детали данного типа, которая в дальнейшем является основой маршрута.

Важным фактором организации производства является соответствие станочного парка выбранным технологическим процессам.

В арматуростроении известны несколько ступеней механизации:

- а) механизированно-ручное производство;
- б) механизированное производство;
- в) комплексно-механизированное производство;
- г) автоматизированное производство;
- д) комплексно-автоматизированное производство.

Механизация механосборочных производств характеризуется количеством автоматов, полуавтоматов, агрегатных и специализированных станков, поточных и автоматических линий.

В зависимости от конструктивного назначения и технологического родства среди деталей арматуростроения выделяется класс золотников, плунжеров, клапанов, пробок и др. Для изготовления этих деталей требуется выполнение точных финишных операций (шлифования, притирки); точного соблюдения геометрической формы деталей, т.е. соблюдения технологических требований на изготовление точной гидropневмоаппаратуры. Механическая обработка резанием производится на универсальных, специализированных, специальных агрегатных, автоматических, полуавтоматических станках. За рубежом используются высокопроизводительные станки для обработки точных узлов арматуры (в Англии и ФРГ - для обработки уплотнительных поверхностей в корпусах и клиньях задвижек, в США - для полной обработки корпусов кранов и вентилей).

На отечественном станке типа ОС-157 для тонкой алмазной чистовой обработки производится обработка одновременно корпусов и пробок муфтовых кранов диаметром 15 - 50 мм из чугуна и цветных металлов. Производительность станка 30 - 35 комплектов в час. Станок двухшпиндельный полуавтомат с автоматическим циклом работы. Совпадение углов конуса и пробки обеспечивается движением стола с резцами для расточки корпуса и обточки пробки по одним направляющим. После алмазной расточки, обточки, и притирки пар обеспечивается герметичность крана.

На вертикально двухстороннем сверлильно-резьбонарезном станке с многопозиционным барабаном для обработки корпусов вентилей выполняется несколько операций и в том числе проточка гнезда под уплотнительное кольцо. На вертикальном пятишпиндельном агрегатном станке с шестипозиционным поворотным столом выполняются операции развальцовки уплотнительных колец, обработка колец и притирка.

На токарном многошпиндельном полуавтомате модели 1261П произво-

дится обработка золотников вентиляей: сверление отверстия, зенкерование отверстия, подрезка дна и торца, расточка канавки, фрезерование паза, после переустановки детали - обточка хвостовика и подрезка торца.

Основным признаком поточного производства является закрепление за каждой операцией определенного оборудования. В мелко- и среднесерийном производстве широко распространены переменноточные линии в механических цехах и переменноточные сборочные линии на участках узловой сборки.

На одном из заводов нефтяного машиностроения была успешно решена задача по увеличению выпуска нефтепроводной и паропроводной аппаратуры и арматуры. В числе многих других мероприятий были организованы две линии потока по производству шибберов - для нефтепроводной и паропроводной арматуры. Все станки механического цеха были оснащены приспособлениями с быстродействующими пневматическими и механическими зажимами, сверлильные станки - многопозиционными поворотными кондукторами с пневматическими зажимами и многошпиндельными сверлильными головками. Таким образом, в основу технологии механической обработки задвижек были приняты следующие факторы: а) высокопроизводительное оборудование и оснастка; б) механизация и автоматизация производственных процессов; в) применение многолезвийного и комбинированного инструмента.

На операции притирки уплотнительных колец в корпусах задвижек используют механизированный вертикально-сверлильный станок модели 2135. Подача, т.е. прижим притира к детали, производится пневматическим устройством, для чего механическая коробка подачи заменена на пневматическую. При подходе притира к обрабатываемой детали автоматически включается подача и выключается - в процессе отвода притира. Притир перемещается по обрабатываемой поверхности под действием планетарного механизма. Деталь закрепляется в трехкулачковом пневматическом патроне. Рабочий в процессе выполнения операции закрепляет деталь в патроне, наносит притирочную пасту и снимает деталь после притирки.

Большинство режущих инструментов оснащают пластинками твердого сплава. Для вспомогательных инструментов в основном используются нормализованные резцовые оправки.

В крупносерийном производстве чаще организуют сборку на механизированных стендах с элементами автоматизации работ. Кроме того, при серийном, мелкосерийном и единичном производстве используют групповой метод сборки. Комплексная механизация грузопотока обеспечивает погрузку, транспортировку, разгрузку, складирование заготовок в процессе механической обработки, сборки, консервации и упаковки.

Х.2. РАСЧЕТ, ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И РАБОЧЕЙ СИЛЫ, КОМПОНОВКА МЕХАНОСБОРОЧНЫХ ЦЕХОВ

Важными этапами работ являются сопоставление трудоемкостей по видам обработки на отдельных предприятиях, операционной точности изгото-

ния деталей и установление припусков. Затем производят сопоставление номенклатуры оборудования для обработки деталей-представителей.

Для определения норм принимают трудоемкости при массовом производстве, основное и вспомогательное время, а также время обслуживания и отдыха. Для единичного и серийного производства устанавливают штучно-калькуляционное время, суммарно учитывающее штучное время и подготовительно-заключительное время на одну обработку одной детали. Основное время определяют расчетом, а остальные элементы устанавливают по справочным общемашиностроительным нормативам, а также нормативам различных отраслевых НИИ. В пояснительной записке проекта приводят сводную ведомость трудоемкостей.

Для определения количества станков и степени их использования, а также резервов производственных мощностей составляют ведомость расчета потребности оборудования, причем коэффициент загрузки его принимают для единичного и мелкосерийного производства 0,8 - 0,86, а для серийного - 0,75 - 0,85. Средний коэффициент загрузки линии определяется отношением расчетного числа станков к принятому. В поточно-массовом производстве средний коэффициент загрузки может быть меньше, чем в серийном, но так как в линиях применяют специализированные, агрегатные, автоматические станки, а производительность каждого из них значительно выше по сравнению с серийным, то средний коэффициент загрузки станков линии принимают равным 0,65 - 0,75. В массовом производстве прецизионных деталей топливной аппаратуры коэффициент загрузки оборудования принимают равным 0,86 - 0,89. Так, уровень массового производства топливной аппаратуры быстроходных дизелей характеризуется следующими показателями:

Металлорежущее оборудование в производстве, %.....	75
Специализированное производство, %	30
Автоматы и полуавтоматы, %.....	30
Станки, встроенные в поточные линии, %	54
Коэффициент механизации, ед.	0,69
Коэффициент загрузки оборудования, ед.....	0,86

Производство топливных насосов характеризуется следующими показателями:

Станкоемкость изделия, станко/ч	0,0505
Трудоемкость изделия, чел./ч	0,0505
Станкоемкость 1 т выпуска, станко/ч	107,94
Трудоемкость, чел./ч	107,94
Общая площадь на единицу производственного оборудования, м ²	50
Установленная мощность токоприемников на единицу производственного оборудования, кВт.....	7,4
Электровооруженность 1 рабочего в наибольшую смену, кВт	9,7
Выпуск в год, т:	
на одного рабочего.....	10,3
на одного работающего	7,73
на 1 м ² площади.....	0,238
на единицу производственного оборудования	11,9

Проектирование механических цехов различных предприятий машиностроения, выпускающих энергетическую арматуру высокого давления, характеризуют следующие показатели:

Выпуск на 1 м общей площади, т	1,2
Выпуск на один производственный станок, т	52,9
Выпуск на одного рабочего, т	24,5
Общая площадь на один производственный станок, м ²	44,4
Станкоемкость 1 т обрабатываемых деталей, станко/ч	61,2
Установленная мощность на один производственный станок, кВт	17,1
Коэффициент загрузки оборудования, ед.	0,84

Количество производственных рабочих определяется для каждой поточной линии в массовом и серийном производстве. В расчет принимают количество оборудования, число смен, расстановку рабочих в линии. Для расчета используют данные ведомостей расчета трудоемкостей и производственного оборудования. Количество вспомогательных рабочих по профессиям устанавливают по «Общемашиностроительным типовым нормам обслуживания для вспомогательных рабочих основного и вспомогательного производства» (ЦЕНТ, 1971). В среднем в серийном производстве она составляет 18 - 25%, а в массовом - 35 - 50% от количества производственных рабочих.

В зависимости от количества производственных рабочих и массовости производства устанавливают количество работников других категорий.

Грузооборот цеха рассчитывают по потребности в основных, вспомогательных материалах и отходах производства. Производственную площадь цеха определяют на основании плана расположения оборудования, рабочих мест, подъемно - транспортных устройств, немагистральных проездов. Целесообразность использования производственной площади определяют в зависимости от удельной площади на станок, т.е. отношения производственной площади к количеству производственных станков. В табл. X.1 приведены удельные площади на один станок в механических цехах. Сборочные цехи предназначены для узловой и общей сборки, испытаний, консервации, упаковки.

Таблица X.1

Удельные площади механических цехов

Цех	Удельная площадь на один станок, м ²	
	производственная	общая
Топливной аппаратуры двигателей внутреннего сгорания	14 - 18	20 - 24
Гидроаппаратуры строения	16 - 22	20 - 30
Точного арматуростроения	18 - 24	28 - 36
Шарико- и роликоподшипников	17 - 23	22 - 32
Обработка деталей кругло-шлифовальных станков	20 - 24	30 - 35

Объем сборочных работ составляет в автомобилестроении 20 - 28%, в электромашиностроении 35 - 40%, в строительном и дорожном машиностроении

нии - 15 - 30%, в среднем и в серийном производстве - 23% от общей трудоемкости.

На сборочных работах комплексной механизацией охвачены конвейерная сборка, притирочные работы, испытание, консервация и упаковка. Обычно сборочно-поточные линии - многопредметные. На рис. X.1 показана планировка сборочного цеха кранов вентильного типа.

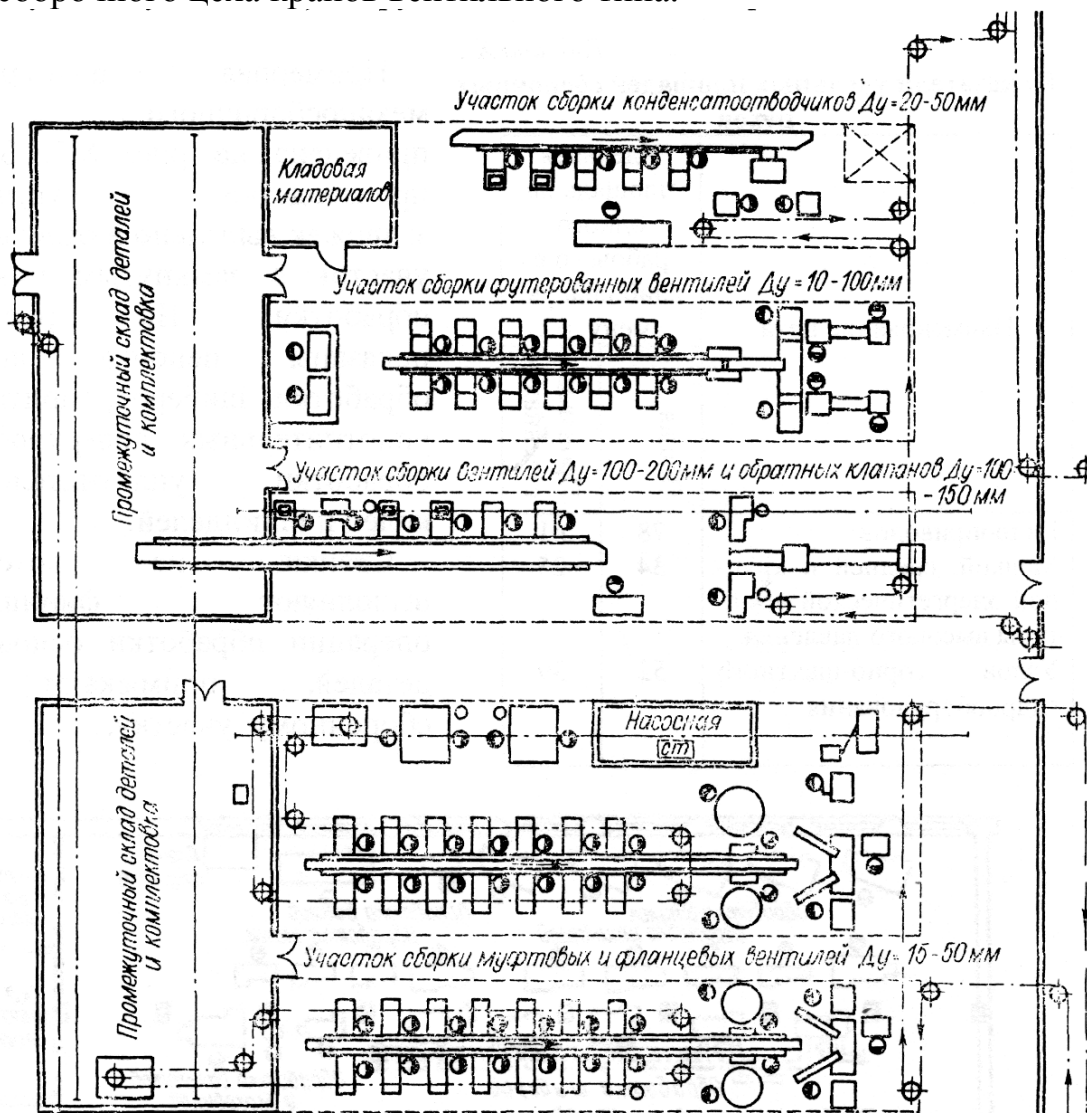


Рис. X.1. Планировка оборудования сборочного цеха завода кранов вентильного типа.

Большой объем притирочных работ имеют операции при сборке кранов. Для замены ручного труда на притирке используется многоместный переналаживаемый полуавтоматический станок для притирки кранов Одесского завода радиально-сверлильных станков.

Проектирование сборочного цеха для массового производства производится так же, как и механического по точной программе «на представителя», а для мелкосерийного и серийного - по приведенной.

Планировка механосборочного цеха предусматривает выполнение следующих условий: 1) оборудование должно быть расположено в соответствии с технологическим процессом; 2) пути транспортировки готовых деталей на сбо-

рочный участок и промежуточный склад должны быть минимальными; 3) должны быть созданы условия для удобного обслуживания станков операторами, наладчиками, вспомогательными рабочими; 4) должны быть обеспечены нормальные проезды для внутрицехового транспорта.

Общая площадь цеха определяется по данным, приведенным в табл. X.2. Необходимо также учитывать соотношение общих площадей сборочных и механических цехов, которое составляет: для цеха гидроприводов - 31,5%, цеха энергетической арматуры высокого давления - 32%, цеха горно-шахтного оборудования - 64 %.

Таблица X.2

Показатели удельных площадей сборочных цехов

Наименование цеха	Удельная площадь на одного рабочего в наибольшую смену, м ²	
	общая	производственная
Гидроприводов	78	61
Мелкой, средней и крупной энергетической арматуры высокого давления	34	25
Узлов горно-шахтного гидрооборудования	52	39

Примерная планировка механосборочного цеха приведена на рис. X.2. Здесь производство чугунных задвижек выделено в отдельный участок с замкнутым циклом обработки. На рисунке показаны цепочки линий обработки шиберов, притирки уплотнительных поверхностей, обработки уплотнительных колец и шпинделей.

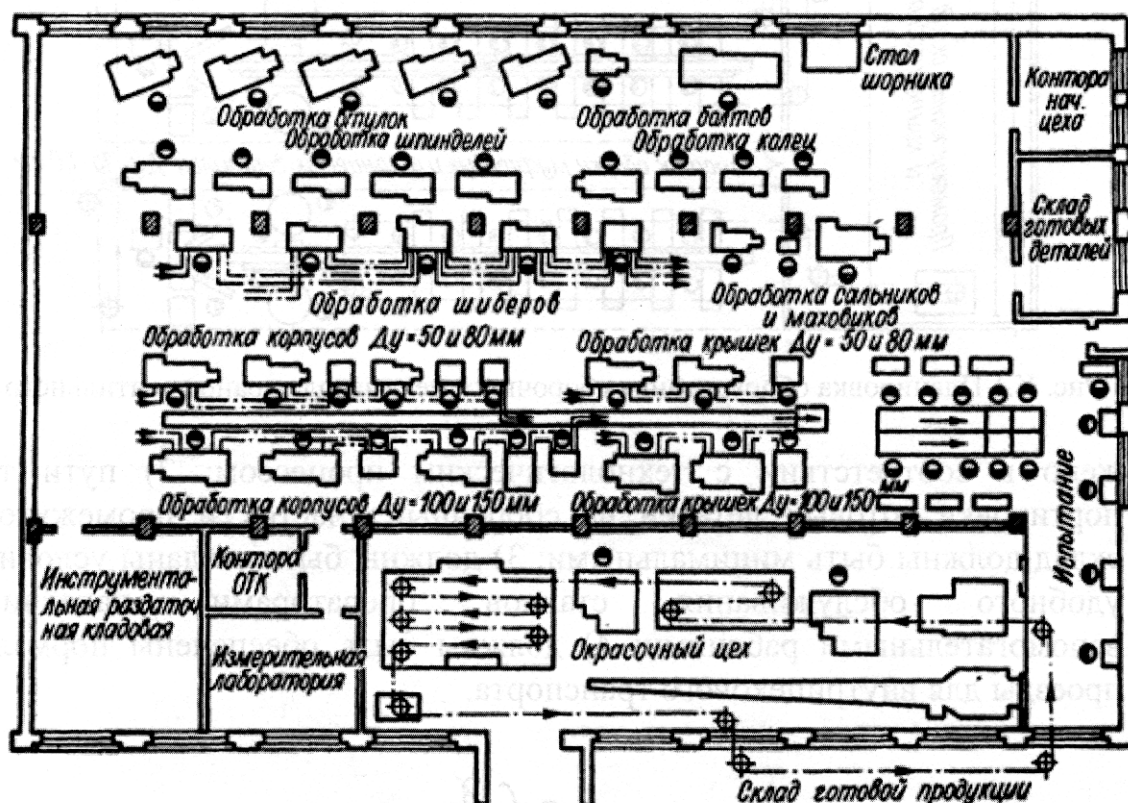


Рис. X.2. Планировка оборудования механосборочного цеха задвижек.

Станки, на которых выполняют финишные операции обработки основных деталей, примыкают к сборочному участку.

Проектирование вспомогательных отделений, компоновку цехов и планировку оборудования производят применительно к общемашиностроительным нормам.

Х.3. ОСОБЕННОСТИ ПОМЕЩЕНИЙ ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА

К помещениям, предназначенным для прецизионного производства, предъявляют высокие требования по температуре, влажности, чистоте воздуха, скорости движения воздушных потоков. По характеру прецизионного производства помещения подразделяют на пять групп в соответствии с гигиеническими требованиями: IA, IB, IV, IIA, IIB.

Группа IA установлена для помещений, в которых производятся работы на делительных и компараторных машинах, для станков классов А и С. Температура в таких помещениях должна поддерживаться на уровне $+20 \pm (0,5 - 0,2)^\circ\text{C}$. Чистота воздуха определяется количеством пылинок размером 0,3 мкм. Норма определена в 40 шт/ч. Требования по остальным группам помещений приведены в табл. Х.3.

Таблица Х.3

Гигиенические требования, предъявляемые к помещениям для прецизионного производства

Группа	Назначение помещений, наименование приборов, аппаратуры, оборудования	Температура, С	Пылеоседание на 1 см ² стекла, шт/ч	Относительная влажность, %	Дополнительные требования
IA	Делительные и компараторные машины	$+20 \pm (0,05 - 0,02)$	40	40 - 60	Дистанционное управление
IB	Юстировка, измерительные лаборатории, эталонирование	$+20 \pm (0,1 - 0,5)$	40	40 - 60	Вытяжные шкафы для улавливания летучих притирочных материалов, изоляция кранов с водой
IV	Механические и сборочные цехи (финишная механическая обработка, финишная сборка, испытания прецизионных станков)	$+20 \pm (0,5 - 1)$	Не регламентируется	40 - 60	Изоляция промывки деталей и узлов

IIА	Механические сборочные цехи (финишная обработка мелких деталей, предварительная и окончательная сборка). Склады готовых деталей, узлов. Участки измерительных лабораторий	$+20 \pm (1 - 1,5)$	Не регламентируется	40 - 60	-
IIБ	Механические сборочные цехи (финишная механическая обработка мелких деталей, предварительная сборка узлов и станков, окончательная сборка мелких изделий). Склады готовых деталей, узлов и комплектующих изделий	$+20 \pm (1,5 - 2)$	Не регламентируется	40 - 60	-

Устойчивость термоконстантных условий обеспечивается следующими мероприятиями: здание строится одноэтажным (может быть пристроено к действующим механосборочным цехам). Рекомендуемые унифицированные пролеты цехов - 18 и 24 м высотой 7,2; 10,8; 12,6; 16,2 м. Соблюдение особо жестких температурных режимов обеспечивается строительством вторых стен, потолков и двойных полов. Входы в термоконстантные помещения должны иметь тамбуры - шлюзы, закрываться они должны автоматически.

В производственных помещениях предусматривается наличие естественной, механической, смешанной вентиляции. В зонах с выделением вредностей устанавливают местные отсосы. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования должны компенсировать потери и обеспечивать принятый режим с использованием автоматики.

Перепад температур между приточной средой и воздухом помещения рекомендуется принимать при высоте 8 м до $\pm 1^\circ\text{C}$. Если в помещении допускается колебание температур до $\pm 0,5^\circ\text{C}$, а высота более 8 м, то перепад принимается равным 6°C . При колебании температур $\pm 0,2^\circ\text{C}$ и более 4 м высоты перепад температур принимается равным 2°C .

Подпор воздуха в термоконстантном помещении обеспечивается превышением его над вытяжкой на 15 - 20% в объеме 0,5 - 1,0 всего помещения.

В цехах точного аппаратустроения освещение должно быть выполнено с учетом требований медицины и научной организации труда. Лучшим считается естественный свет; переход от естественного освещения к искусственному должен быть постепенным.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Примеры типовых маршрутов изготовления деталей различных классов

Неуказанные предельные отклонения размеров деталей, рассмотренных ниже: H14; h14; $\pm IT14/2$.

Маршрут обработки кронштейна

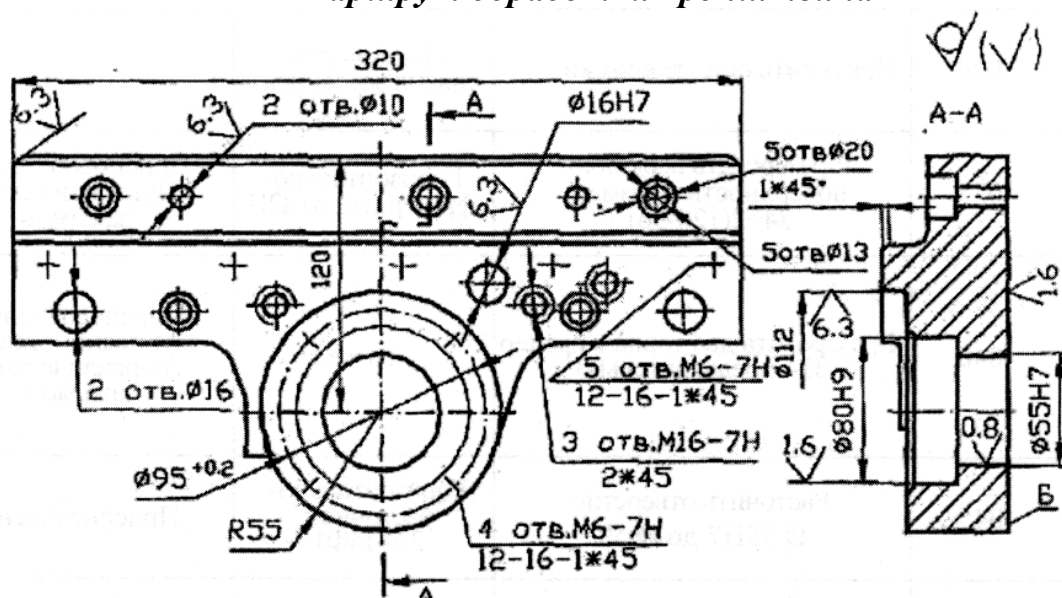


Рис. П1.1. Кронштейн (заготовка – отливка из серого чугуна).

Таблица П1.1

Маршрут обработки кронштейна

Операция	Содержание или наименование Операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Литье		
010	Очистка и обрубка отливки		
015	Малярная		
020	Навесить бирку с номером детали на тару		
025	Фрезеровать поверхность Б в размер 32 и противоположную поверхность в размер 52 предварительно	Карусельно-фрезерный 6М23С13	Приспособление двухпозиционное четырехместное с гидравлическим зажимом
030	Притупить острые кромки	Машина для снятия заусенцев	
035	Фрезеровать верхнюю поверхность в размер $84+2(120-36)$	Горизонтально-фрезерный 6Т82Г	Приспособление с гидравлическим зажимом
040	Фрезеровать два торца в размер 324 предварительно	То же	Приспособление двухпозиционное с гидравлическим зажимом

Продолжение таблицы П1.1

Операция	Содержание или наименование Операции	Станок, оборудование	Оснастка
045	Расточить отверстие $\varnothing 55H7$ до $\varnothing 50$	Горизонтально-расточной 2А614Ф1	Приспособление
050	Притупить острые кромки	Машина для снятия заусенцев	
055	Искусственно старить деталь		
060	Фрезеровать поверхность Б в размер 30,3 и противоположную поверхность в размер 48,6 под шлифование	Карусельно-фрезерный 6М23С13	Приспособление двухпозиционное четырехместное с гидравлическим зажимом
065	Притупить острые кромки		
070	Фрезеровать верхнюю поверхность в размер 84(120-36) окончательно	Горизонтально-фрезерный 6Т82Г	Приспособление с гидравлическим зажимом
075	Фрезеровать два торца в размер 320 окончательно	То же	Приспособление двухпозиционное с гидравлическим зажимом
080	Шлифовать поверхность Б в размер 30 и противоположную поверхность в размер 48 окончательно	Плоско-Шлифовальный 3П722ДВ	Магнитная плита
085	Притупить острые кромки	Машина для снятия заусенцев	
090	Расточить отверстие $\varnothing 55H7$, отверстие $\varnothing 80H9$ и выточку $\varnothing 112$ окончательно. Сверлить и зенковать пять отверстий $\varnothing 13/\varnothing 20$; сверлить два отверстия $\varnothing 16$ и два отверстия $\varnothing 10$, сверлить, зенковать и развернуть отверстие $\varnothing 16H7$, сверлить и нарезать резьбу в девяти отверстиях М6-7Н, сверлить и нарезать резьбу в трех отверстиях М16-7Н	Горизонтальный расточно-сверлильно-фрезерный с ЧПУ и инструментальным магазином 2204ВМФ4	Наладка УСПО
095	Притупить острые кромки	Машина для снятия заусенцев	
100	Промыть деталь	Моечная машина	
105	Технический контроль		
110	Нанесение антикоррозионного покрытия		

Маршрут обработки кронштейна

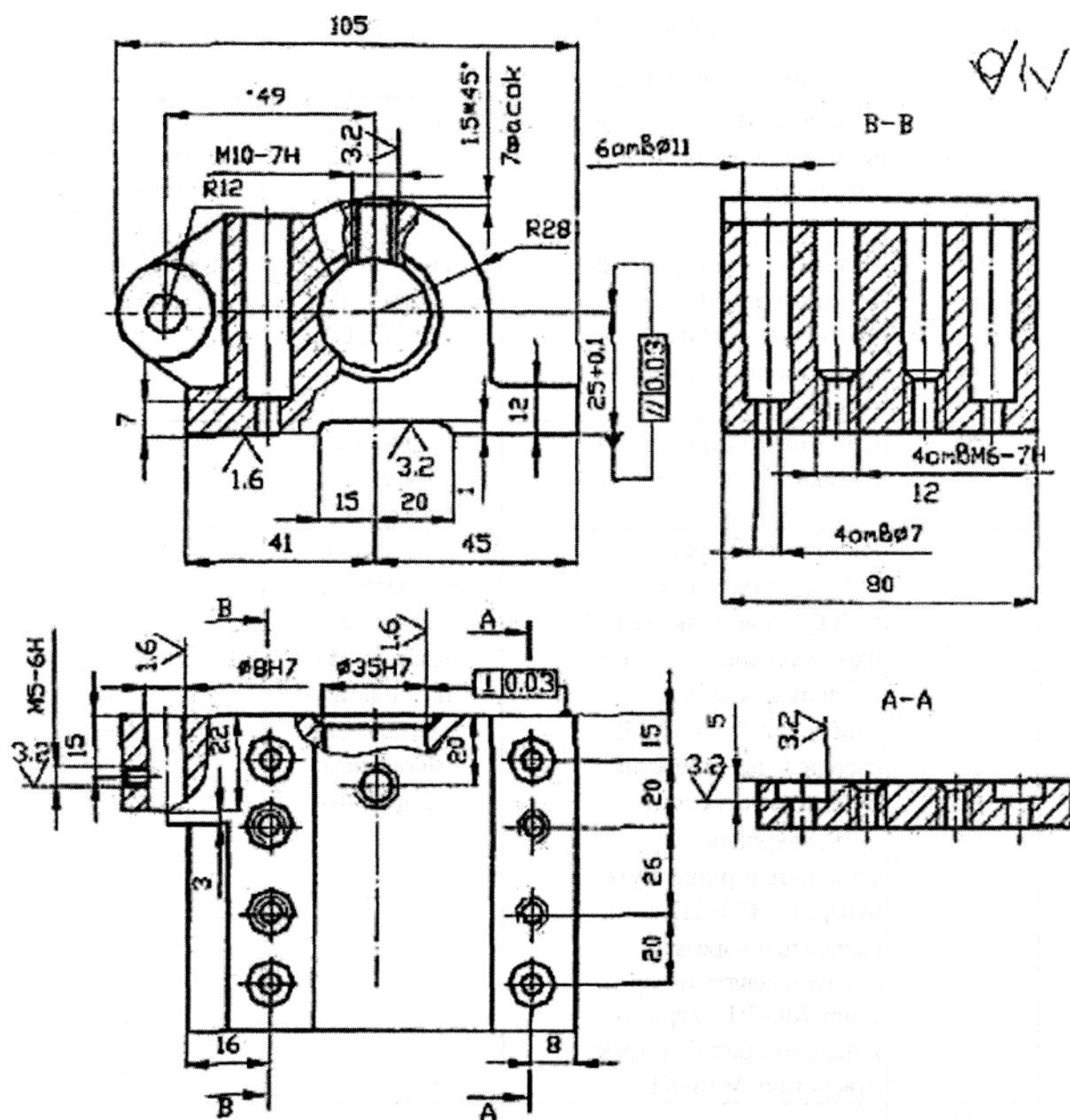


Рис. П1.2. Кронштейн (заготовка – отливка из алюминиевого сплава).

Таблица П1.2

Маршрут обработки кронштейна

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Литье		
010	Очистка и обрубка отливки		
015	Навесить бирку с номером детали		
020	Фрезеровать плоскость прилегания предварительно	Вертикально-фрезерный 6Т13	Приспособление

Продолжение таблицы П1.2

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
025	Фрезеровать торец отверстия $\varnothing 35H7$ предварительно, расточить отверстие $\varnothing 35H7$ предварительно	Многоцелевой с ЧПУ и инструментальным магазином ИР320МФ4	Наладка УСПО двухместная
030	Притупить острые кромки	Машина для снятия заусенцев	
035	Термическая обработка		
040	Фрезеровать торец отверстия $\varnothing 35H7$ окончательно, расточить и развернуть отверстие $\varnothing 35,5H7$ окончательно, сверлить, зенкеровать и развернуть отверстие $\varnothing 8H7$ окончательно	Многоцелевой с ЧПУ и инструментальным магазином ИР320МФ4	Наладка УСПО
045	В первой позиции: фрезеровать поверхность прилегания и паз $B=35(15+20)$ окончательно, сверлить четыре отверстия $\varnothing 7$, четыре отверстия $\varnothing 6$, сверлить и нарезать резьбу в четырех отверстиях М6-7Н. Во второй позиции: зенковать четыре отверстия $\varnothing 7$ до $\varnothing 11$ окончательно, рассверлить четыре отверстия $\varnothing 6$ до $\varnothing 11$ окончательно, зацентровать, сверлить и нарезать резьбу М10-7Н окончательно	То же	Наладка УСПО двухпозиционная
050	Притупить острые кромки	Машина для снятия заусенцев	
055	Технический контроль		
060	Антикоррозионная обработка		
065	Консервация		

Маршрут обработки втулки

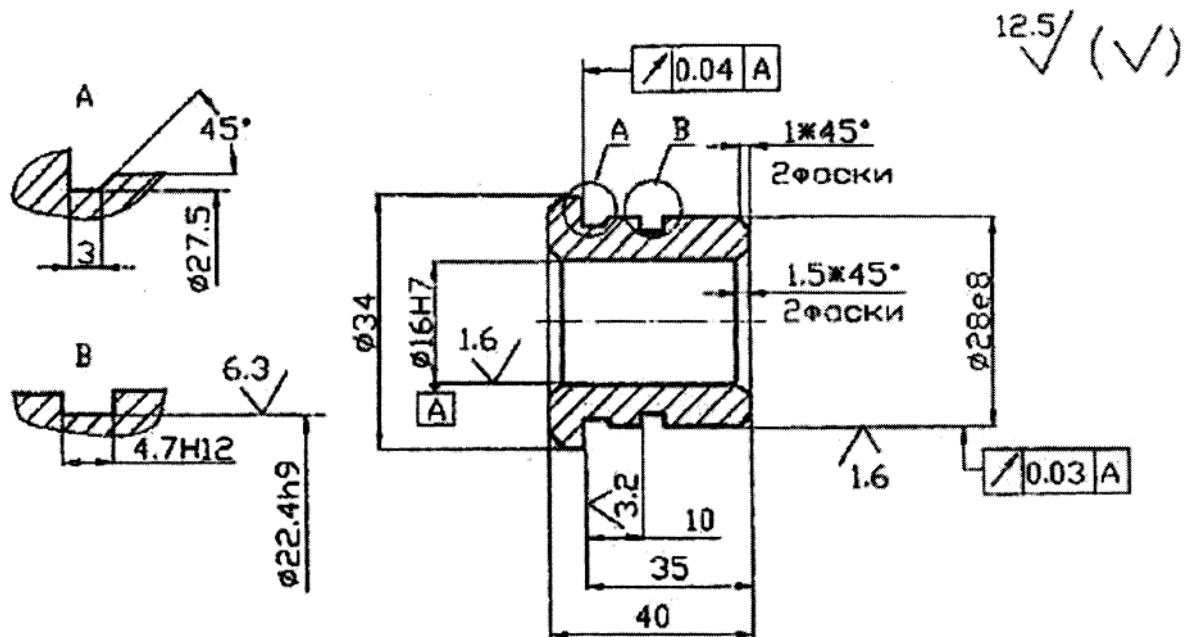


Рис. П1.3. Втулка (заготовка – прокат из алюминиевого сплава).

Таблица П1.3

Маршрут обработки втулки

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Править пруток	Пресс И5526	
010	Отрезать групповую заготовку $\varnothing 34$ в размер 2000	Абразивно-отрезной 8Б242	Поддерживающее устройство
015	Заправить концы прутка фасками под угол 20°	Токарный ХС-151	
020	Центровать торец под сверление, сверлить и зенкеровать отверстие $\varnothing 16H7$ до $\varnothing 15,79+0,11$ под развертывание	Токарный автомат 1Е140	Наладка
025			

Маршрут обработки стопора

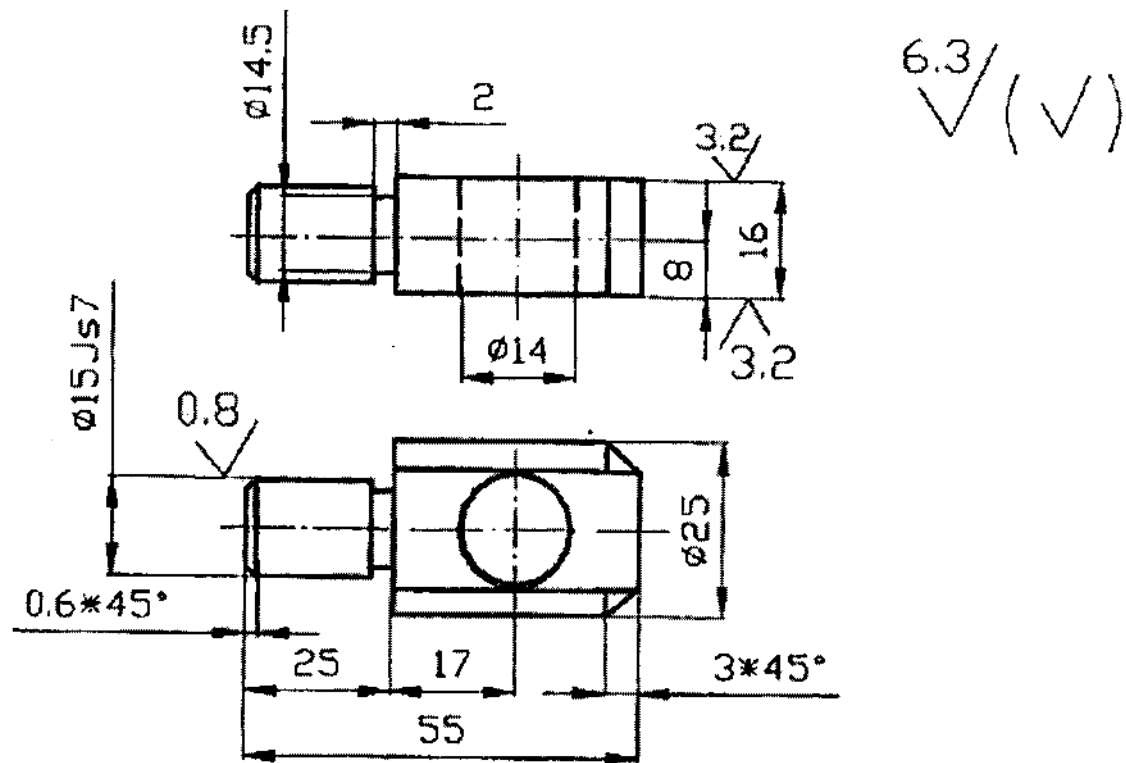


Рис. П1.4. Стопор (заготовка – прокат из конструкционной стали).

Таблица П1.4

Маршрут обработки стопора

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Рубить пруток $\varnothing 26$, выдерживать размер 3000	Пресс КБ9534	
010	Править пруток	Пресс И5525	
015	Заправить концы прутка фасками под углом 20°	Токарный ХС-151	
020	Точить шейки $\varnothing 15Js7$ под шлифование, шейку $\varnothing 25$, канавку $b=2$, фаску, отрезать деталь, выдерживая размер 55,5	Токарный автомат 1Е140	Групповая наладка, цанговый патрон
025	Подрезать второй торец, выдерживая размер 55, точить фаску	Токарный 16Т02П	Цанговый патрон
030	Фрезеровать две лыски, выдерживая размер 16	Вертикально-фрезерный 6Т10	Приспособление, наладка

Продолжение таблицы П1.4

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
035	Зачистить заусенцы	Вибрационная машина ВМПВ-100	
040	Сверлить отверстие $\varnothing 14$ окончательно	Вертикально-сверлильный 2Н125-1	Кондуктор
045	Притупить острые кромки	Вибрационная машина ВМПВ-100	
050	Шлифовать шейку $\varnothing 15\text{Js7}$ окончательно	Бесцентрово-шлифовальный 3М182	
055	Промыть деталь	Машина моечная	
060	Навесить бирку с обозначением		
065	Технический контроль	Плита	
070	Нанесение антикоррозионного покрытия		

Маршрут обработки зубчатого колеса

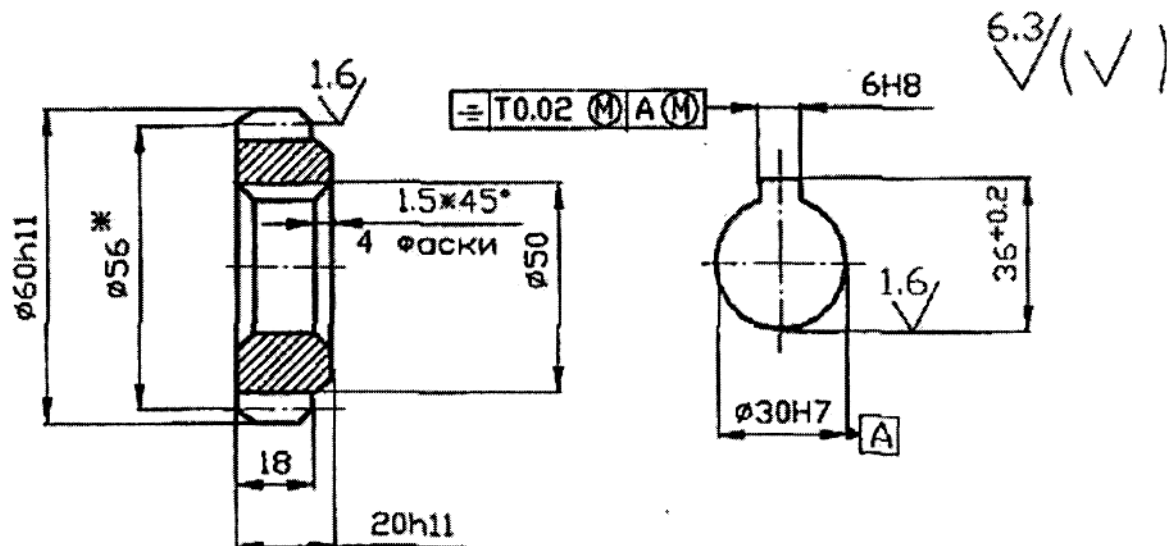


Рис. П1.5. Зубчатое колесо (заготовка – прокат из конструкционной стали).

Таблица П1.5

Маршрут обработки зубчатого колеса

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Отрезать заготовку		
010	Термическая обработка		

015	Подрезать торец $\varnothing 60H11 / \varnothing 30H7$ предварительно. Сверлить и зенкеровать сквозное отверстие $\varnothing 30H7$ под протягивание. Точить поверхность $\varnothing 60h11$ до $\varnothing 62$. Точить и расточить фаски	Токарный полуавтомат с ЧПУ КТ141	Трехкулачковый патрон
020	Протянуть отверстие $\varnothing 30H7$ до $\varnothing 30$	Протяжной 7512	Жесткая опора
025	Подрезать торцы $\varnothing 60h11 / \varnothing 30H7$ и $\varnothing 50 / \varnothing 30H7$ предварительно под шлифование. Точить поверхности $\varnothing 60h11$ и $\varnothing 50$ окончательно	Токарно-винторезный 16Б16	Специальная оправка
030	Технический контроль		
035	Долбить 28 зубьев ($m=2$) предварительно под шлифование	Зубодолбежный 5122В	То же
040	Зачистить заусенцы по торцам зубьев	Одношпиндельный полуавтомат 56525	
045	Протянуть шпоночный паз $B=6H8$ окончательно	Протяжной 7512	Направляющая втулка
050	Зачистить заусенцы в шпоночном пазу	Машина для снятия заусенцев	
055	Промыть деталь	Машина моечная	
060	Технический контроль		
065	Термическая обработка		
070	Шлифовать сквозное отверстие $\varnothing 30H7$ и торец $\varnothing 60h11 / \varnothing 30H7$ окончательно	Внутришлифовальный 3А227АФ2	
075	Шлифовать торец $\varnothing 50 / \varnothing 30H7$ окончательно	Плоскошлифовальный 3Б740ВФ2	Магнитный стол
080	Шлифовать 28 зубьев ($m=2$) окончательно	Зубошлифовальный 5В833	Оправка
085	Промыть деталь	Моечная машина	
090	Технический контроль		
095	Нанесение антикоррозионного покрытия		

Маршрут обработки фланца

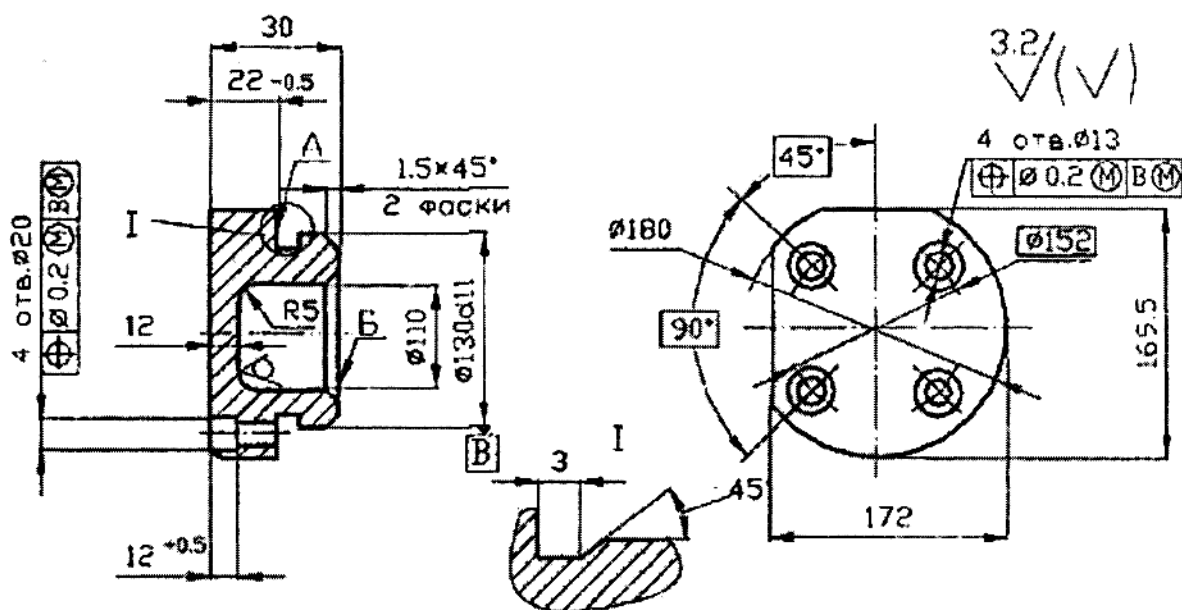


Рис. П1.6. Фланец (заготовка – отливка из серого чугуна).

Таблица П1.6

Маршрут обработки фланца

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Литье		
010	Обрубка и очистка отливки		
015	Подрезать торцы А и Б, точить поверхность $\varnothing 130h11$ окончательно, проточить канавку $h=3$ и фаску	Токарный патронный полуавтомат КТ141	Трехкулачковый патрон
020	Подрезать торец $\varnothing 180$ и обточить по $\varnothing 180$ окончательно технологически	То же	То же
025	Сверлить и зенковать 4 отверстия $\varnothing 13/\varnothing 20$, фрезеровать две лыски в размер 172 и 169,5	Сверлильно-фрезерный 2П05Н7Ф4	Наладка УСПО
030	Опилить острые кромки	Верстак	
035	Промыть деталь	Моечная машина	
040	Технический контроль		

Маршрут обработки конического прямозубого зубчатого колеса

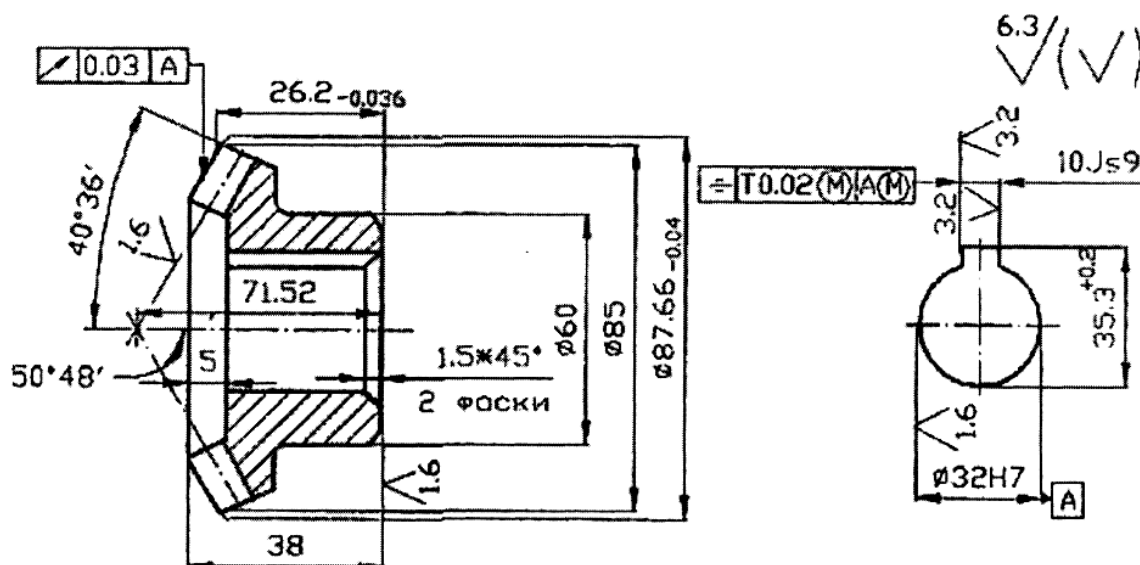


Рис. П1.7. Коническое прямозубое зубчатое колесо (заготовка – прокат из конструкционной стали).

Таблица П1.7

Маршрут обработки конического прямозубого зубчатого колеса

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Отрезать заготовку	Абразивно-отрезной 8Б262	Тиски
010	Кузнечная		
011	Термическая обработка		
020	Подрезать торцы $\varnothing 60$ / $\varnothing 32H7$ и $\varnothing 87,66$ / $\varnothing 66$ предварительно. Точить поверхность $\varnothing 60$ предварительно. Сверлить, зенкеровать, развернуть отверстие $\varnothing 32H7$ предварительно. Расточить и точить фаски	Токарный полуавтомат с ЧПУ КТ141	Трехкулачковый патрон
025	Подрезать торец $\varnothing 87,66$ / $\varnothing 32H7$. Точить поверхность $\varnothing 87,66$ предварительно	То же	То же
030	Протянуть шпоночный паз В=10Js9 окончательно	Горизонтально-протяжной 7512	Жесткая опора
035	Опилить заусенцы на шпоночном пазу	Вибробункер	
040	Подрезать торец $\varnothing 60$ / $\varnothing 32H7$ предварительно, торец $\varnothing 87,66$ / $\varnothing 60$ и точить поверхности $\varnothing 60$, $\varnothing 87,66$ окончательно	Токарный полуавтомат с ЧПУ КТ141	Трехкулачковый патрон

Продолжение таблицы П1.7

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
045	Подрезать торец $\varnothing 87,66$ / $\varnothing 32H7$ предварительно	То же	То же
050	Контроль		
055	Строгать 35 зубьев ($m=2$) под шлифование	Зубострогальный 5Т23В	Оправка
060	Зачистить заусенцы на зубьях	Вибробункер	
065	Шлифовать торец $\varnothing 60$ / $\varnothing 32H7$ окончательно и отверстие $\varnothing 32H7$ окончательно	Внутришлифовальный	Трехкулачковый патрон
070	Шлифовать торец $\varnothing 87,66$ / $\varnothing 32H7$ окончательно	Плоскошлифовальный 3Б740	Магнитный стол
075	Шлифовать 35 зубьев ($m=2$) окончательно	Зубошлифовальный 58П70В	Оправка
080	Промыть деталь	Моечная машина	
085	Технический контроль		
090	Нанесение антикоррозионного покрытия		

Маршрут обработки вилки

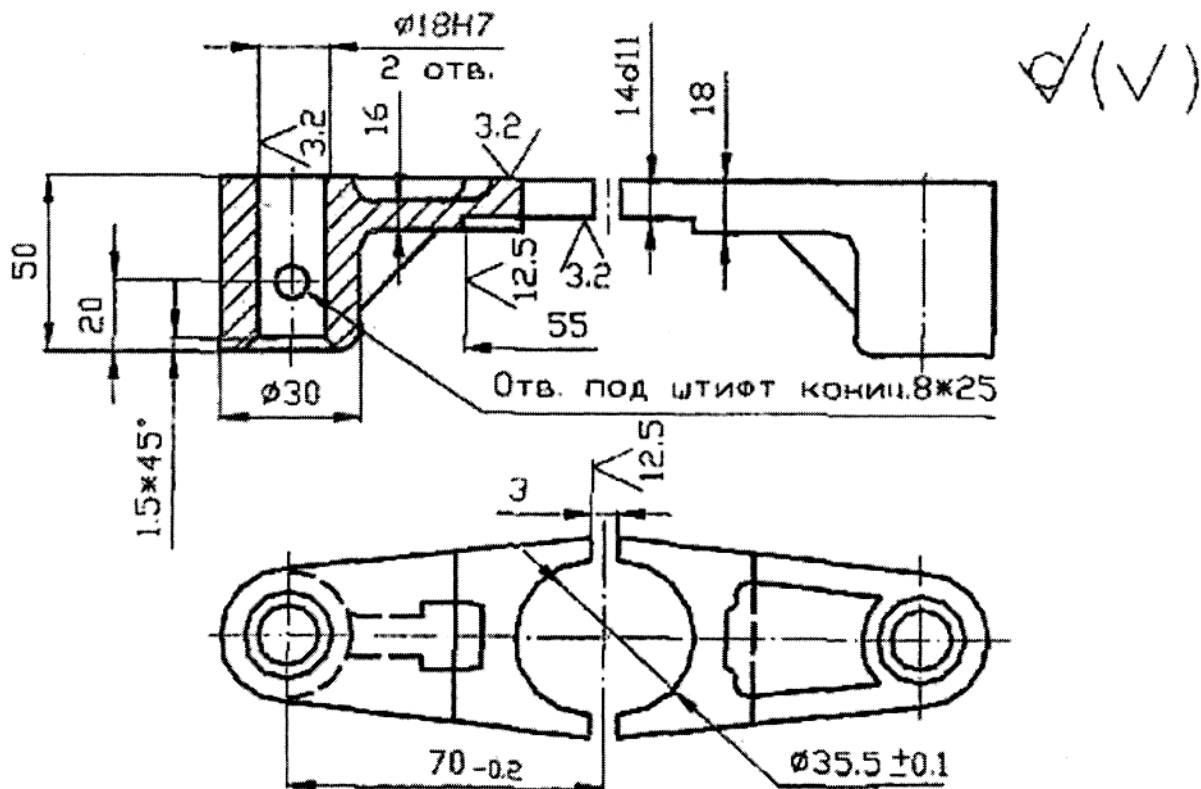


Рис. П1.8. Вилка (заготовка – отливка из серого чугуна).

Маршрут обработки вилки

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Литье		
010	Очистка и обрубка		
015	Малярная		
020	Навесить бирку с номером детали		
025	В первой позиции: фрезеровать плоскость прилегания с припуском под шлифование. Сверлить, расточить и развернуть два отверстия $\varnothing 18H7$, расточить отверстие $\varnothing 35,5 \pm 0,1$ окончательно. Во второй позиции: фрезеровать щечки в размер 14,2 под шлифование, зенковать фаски 1x45 в двух отверстиях $\varnothing 18H7$	Вертикально-фрезерный с ЧПУ и инструментальным магазином ГФ2171	Наладка УСПО двухпозиционная четырехместная
035	Сверлить одно отверстие $\varnothing 8$ под штифт	Вертикально-сверлильный 2Н125-1	Кондуктор
040	Притупить острые кромки	Машина для снятия заусенцев	
045	Термическая обработка		
050	Шлифовать плоскость прилегания окончательно	Плоскошлифовальный 3П722ДВ	Приспособление
055	Шлифовать вторую сторону щечки	То же	Магнитная плита
060	Притупить острые кромки	Машина для снятия заусенцев	
065	Промыть деталь	Машина моечная	
070	Технический контроль		
075	Антикоррозионная обработка		

Маршрут обработки шлицевого вала

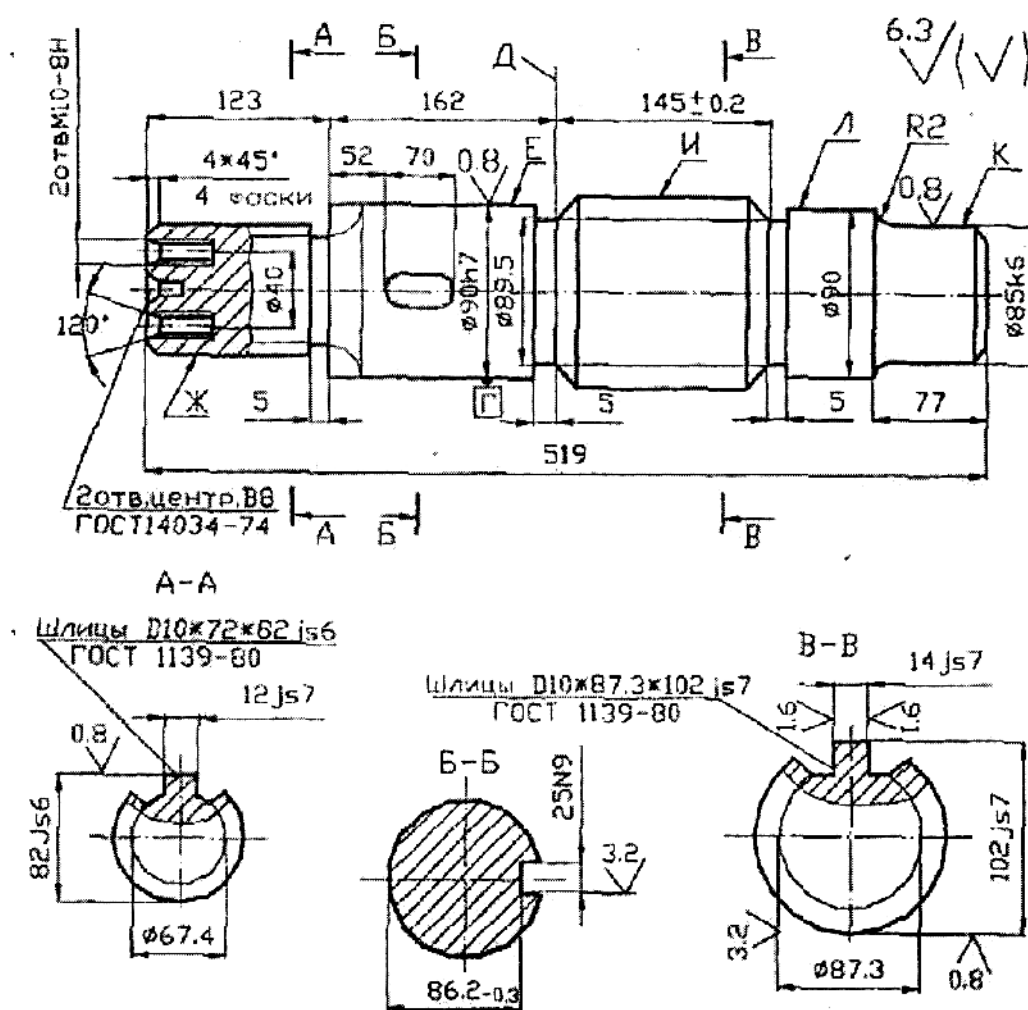


Рис. П1.9. Вал шлицевой (заготовка – прокат из конструкционной стали).

Таблица П1.9

Маршрут обработки шлицевого вала

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Отрезать заготовку	Фрезерно-отрезной	Призматические тиски
010	Термическая обработка		
015	Фрезеровать торцы в размер $519 \pm 0,2$ и центровать с двух сторон одновременно	Фрезерно-центровальный 2Г942	Приспособление при станке

Продолжение таблицы П1.9

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
020	Точить: шейки $\varnothing 80g6$ до $\varnothing 85$; $\varnothing 90h7$ до $\varnothing 95$ и фаски	Токарный 16K20Ф3	Вращающийся центр, поводковый патрон
025	Точить: шейки $\varnothing 85k6$ до $\varnothing 90$; $\varnothing 90h7$ до $\varnothing 95$ и фаски. Точить: шейки $\varnothing 80g6$ до $\varnothing 80$; $\varnothing 105f7$ до $\varnothing 105,5h4$, фаски, $\varnothing 90h6$ до $\varnothing 90,5h4$, проточить две канавки $B=5$	То же	То же
030	Точить шейки $\varnothing 80g6$ до $\varnothing 80,5h4$; $\varnothing 90h6$ до $\varnothing 90,5h14$; фаски, канавки $B=5$	То же	То же
035	Фрезеровать шпоночный паз 6	Шпоночно-фрезерный 6930	Самоцентрирующие тиски
040	Обработать два резьбовых отверстия М10 на глубину 10	Радиально-сверлильный 2А554	Приспособление для сверления на торцах валов
045	Фрезеровать шесть шлицев в размер 20js до $\varnothing 87,8$	Шлицефрезерный горизонтальный полуавтомат 5А352ПФ2	Центры, поводок
050	Фрезеровать шесть шлицев в размер 20js до $\varnothing 67,8$	То же	То же
055	Зачистить заусенцы	Механизированный верстак	
060	Шлифовать шейки $\varnothing 80g6$, $\varnothing 90h7$, $\varnothing 105f7$, торец Д	Круглошлифовальный 3М153ДФ2	Центры, поводок
065	Шлифовать шейки $\varnothing 85k6$ и $\varnothing 90h7$	То же	То же
070	Промыть деталь	Моечная машина	
075	Технический контроль		
080	Нанесение антикоррозионного покрытия		

Маршрут обработки планки

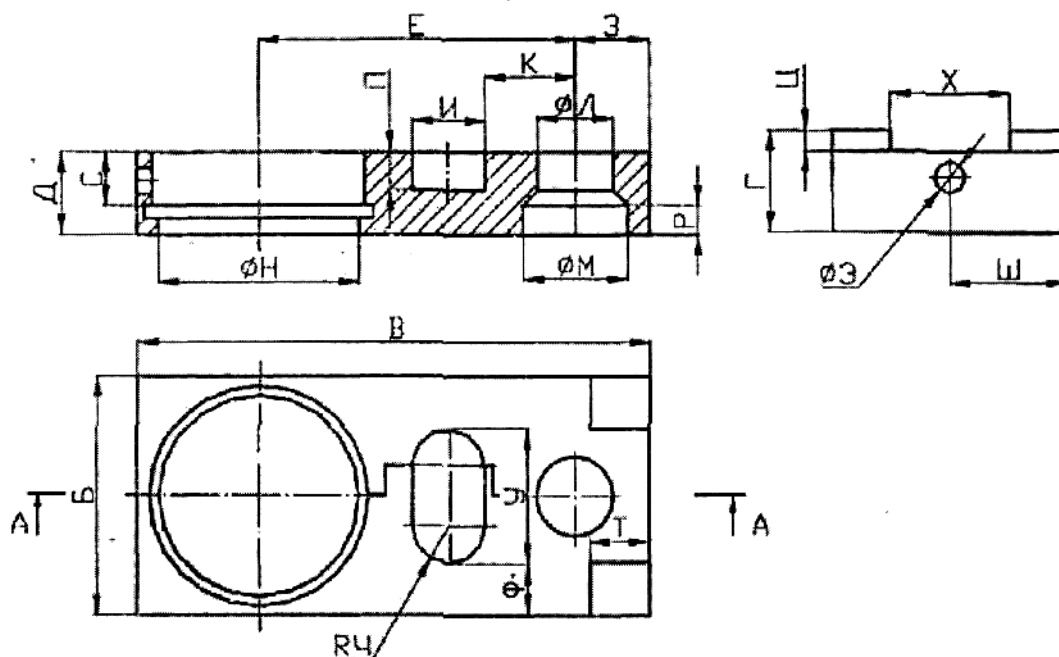


Рис. П1.10. Планка (заготовка – прокат из конструкционной стали).

Таблица П1.10

Маршрут обработки планки

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Отрезать заготовку от полосы	Абразивно-отрезной автомат	Тиски
010	Повесить бирку с номером детали на тару		
015	Фрезеровать две широкие поверхности в размер $D+0,3$ под шлифование и две поверхности в размер В окончательно	Вертикально-фрезерный 6Т12	Гидротиски, наладка двухпозиционная
020	Фрезеровать два торца в размер В окончательно	Горизонтально-фрезерный 6Т82Г	Приспособление универсально-наладочное с гидравлическим
025	Зачистить заусенцы после фрезерования	Машина для снятия заусенцев	
030	Шлифовать две широкие поверхности в размер Д окончательно	Плоскошлифовальный 3П722ДВ	Магнитная плита

Маршрут обработки фланца

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Литье		
010	Обработка и очистка отливки		
015	Малярная		
020	Подрезать торец 62Js7/54 и 96/62Js7 окончательно, точить поверхность 62Js7 под шлифование, проточить канаву В=3 и фаски	Токарный патронный полуавтомат КТ141	Трехкулачковый пневматический патрон
025	Подрезать торец 96 и точить поверхность 96 (технологически)	Токарный патронный полуавтомат КТ141	Трехкулачковый патрон
030	Сверлить, зенковать четыре отверстия 9/14, фрезеровать две лыски в размер 86	Многоцелевой сверлильно-фрезерный 2П05Н7Ф4	Наладка УСПО
035	Опилить острые кромки	Верстак механизированный	
040	Шлифовать поверхность 62Js7 с подшлифовкой торца 96Js7 окончательно	Универсально-шлифовальный 3У131Вм	Трехкулачковый патрон
045	Промыть деталь	Моечная машина	
050	Технический контроль		
055	Нанесения антикоррозионного покрытия		

Маршрут обработки зубчатого колеса со шлицевым отверстием

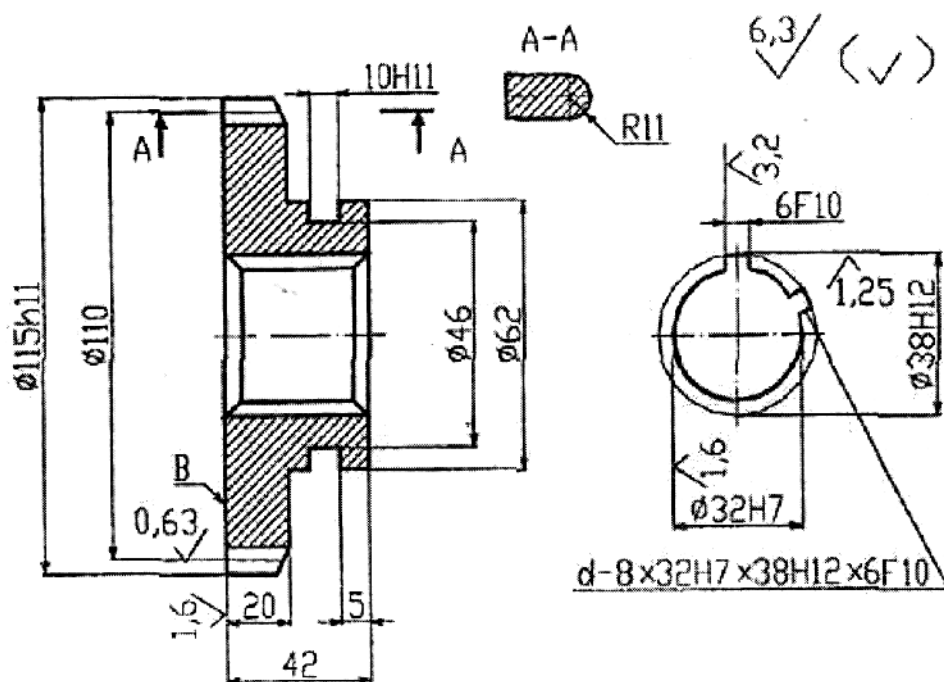


Рис. П1.12. Зубчатое колесо со шлицевым отверстием (заготовка – прокат из малолегированной стали).

Таблица П1.12

Маршрут обработки зубчатого колеса со шлицевым отверстием

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Отрезать заготовку	Абразивно-отрезной 8В262	
010	Кузнечная		
015	Термическая обработка		
020	Подрезать торцы 115h11/62 и 62/32H7 предварительно. Обточить наружную поверхность 62 предварительно. Обработать отверстие 32H7 до 30. Обточить и расточить фаски.	Токарный с ЧПУ КТ141	Трехкулачковый патрон
025	Подрезать торец 115h11/32H7 предварительно. Обточить наружную поверхность 15h11 предварительно. Обточить и расточить фаски, выточку 42	Токарный с ЧПУ КТ141	Трехкулачковый патрон

Продолжение таблицы П1.12

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
030	Протянуть восьмишлицевое отверстие d-8332H7, 338H1236F10 под шлифование	Протяжной 7512	Жесткая опора
035	Подрезать торец 115h11/62 окончательно, торцы 62/32H7 и 115h11/32H7 под шлифование. Обточить наружную поверхность 62 окончательно и поверхность 115h11 под шлифование. Проточить паз В=10H11 под шлифование.	Токарный с ЧПУ КТ141	Специальная оправка
040	Технический контроль		
045	Фрезеровать 44 зуба (m=2,5) под шлифование	Зубофрезерный 53A30B	Приспособление
050	Закруглить 44 зуба (m=2,5) окончательно	Зубозакругловочный полуавтомат 5E580	Приспособление
055	Зачистить заусенцы на торцах зубьев	Одношпиндельный полуавтомат для снятия фасок 5B525	Трехкулачковый патрон
060	Калибровать восьмишлицевое отверстие	Пресс ЛС6-НА	Подставка
065	Термическая обработка		
070	Шлифовать наружную поверхность 115h11 и торец 115h11/32H7 окончательно	Круглошлифовальный 3Т161Д	Грибковая оправка
075	Шлифовать отверстие 32H7 торец 62/32H7 окончательно	Внутришлифовальный 3А227АФ2	Приспособление
080	Шлифовать паз В=10H11 окончательно	Круглошлифовальный	Оправка
085	Шлифовать 44 зуба (m=2,5) окончательно	Зубошлифовальный 5B833	Оправка
090	Промывать деталь	Моечная машина	
095	Технический контроль		
100	Нанесение антикоррозионного покрытия		

Маршрут обработки рычага

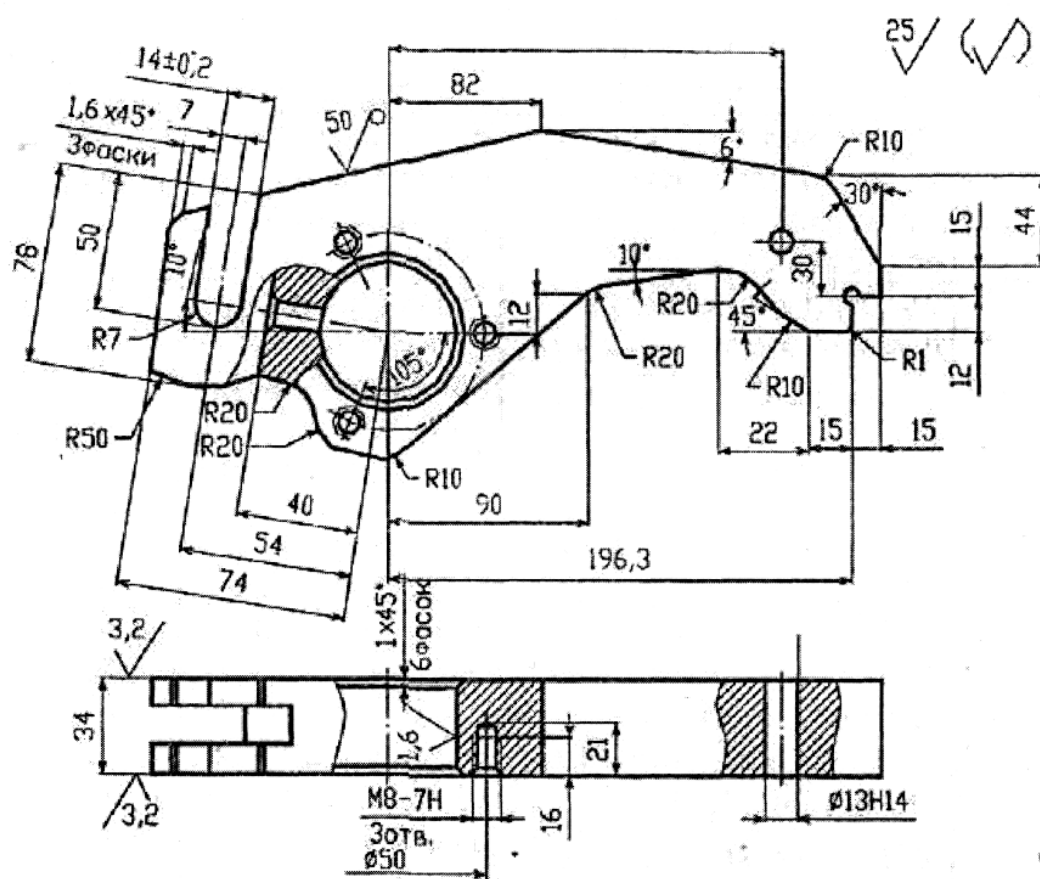


Рис. П1.13. Рычаг (заготовка – листовый прокат из малолегированной стали).

Таблица П1.13

Маршрут обработки рычага

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Литье		
010	Обрубка и очистка отливки		
015	Фрезеровать литники	Вертикально-фрезерный консольный 6Т13	
020	Навесить бирку с номером		
025	Фрезеровать нижнюю плоскость с припуском под шлифование	Вертикально-фрезерный консольный 6Т13	Приспособление
030	Фрезеровать нижнюю плоскость окончательно	Плоскошлифовальный с прямоугольным столом и горизонтальным шпинделем повышенной точности	

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
035	В передней позиции: фрезеровать поверхности бобышек в размер 85 и 39 окончательно, расточить отверстия 50Н7, 35Н7 и фаски окончательно; зенковать выточку 42,5 окончательно. Во второй позиции: обработать два отверстия 32/17/М16 и одно отверстие 12 окончательно, фрезеровать паз В=3 окончательно	Многоцелевой (сверлильно-фрезерно-расточной) вертикальный высокой точности	Наладка УСПО
040	Обработать отверстие 10Н7 окончательно	Радиально-сверлильный 2К52-1	Кондуктор
045	Зачистить заусенцы	Машина для снятия заусенцев	
050	Моечная	Моечная машина	
055	Технический контроль		

Маршрут обработки рычага

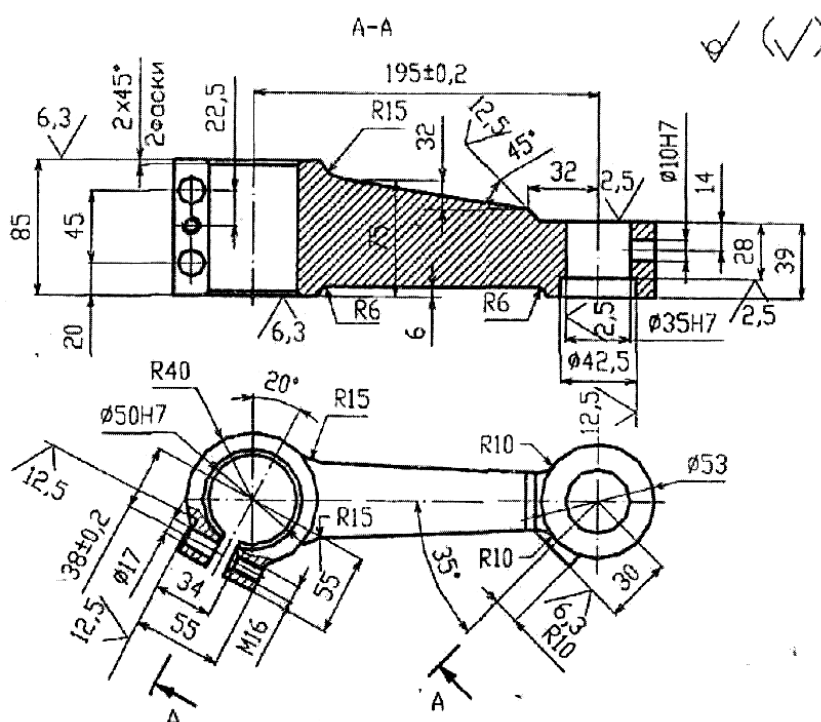


Рис. П1.14. Рычаг (заготовка – отливка из конструкционной стали).

Маршрут обработки рычага

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Литье		
010	Обрубка и очистка отливки		
015	Фрезеровать литники	Вертикально-фрезерный	тиски
020	Навесить бирку с номером		
025	Фрезеровать нижнюю плоскость с припуском под шлифование	Вертикально-фрезерный консольный 6Т13	Приспособление
030	Фрезеровать нижнюю плоскость окончательно	Плоскошлифовальный с прямоугольным столом и горизонтальным шпинделем повышенной точности	
035	В передней позиции: фрезеровать поверхности бобышек в размер 85 и 39 окончательно, расточить отверстия 50Н7, 35Н7 и фаски окончательно; зенковать выточку 42,5 окончательно. Во второй позиции: обработать два отверстия 32/17/М16 и одно отверстие 12 окончательно, фрезеровать паз В=3 окончательно	Многоцелевой (сверлильно-фрезерно-расточной) вертикальный высокой точности 2256ВМФ4	Наладка УСПО
040	Обработать отверстие 10Н7 окончательно	Радиально-сверлильный 2К52-1	Кондуктор
045	Зачистить заусенцы	Машина для снятия заусенцев	
050	Моечная	Моечная машина	
055	Технический контроль		

Маршрут обработки кронштейна

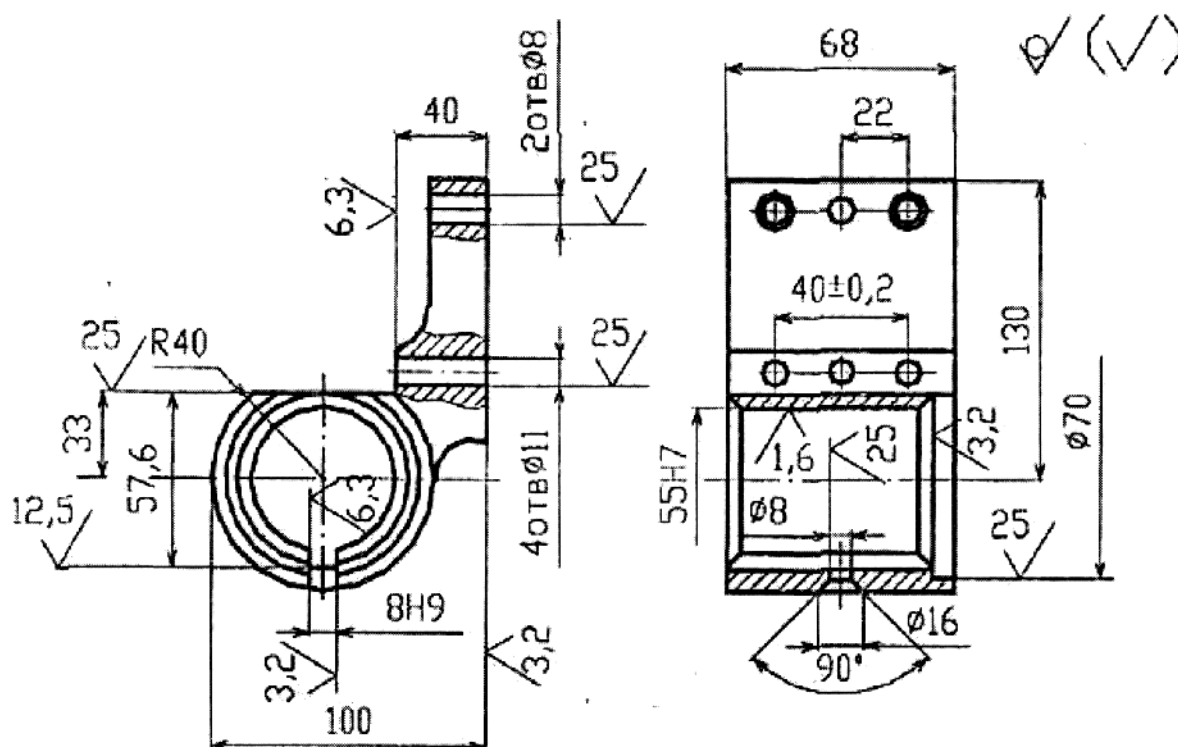


Рис. П1.15. Кронштейн (заготовка – отливка из серого чугуна).

Таблица П1.15

Маршрут обработки кронштейна

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Литье		
010	Обрубка и очистка отливки		
015	Малярная		
020	Навесить бирку с номером детали на тару		
025	В первой позиции: фрезеровать прилегание в размеры 100 и 28 окончательно. Сверлить четыре отверстия 11. Сверлить и развернуть два отверстия 8 до 8H7 технологически. Во второй позиции: фрезеровать уступ в размере 40 и 73 (R40+33) окончательно. Зенковать два отверстия 11 до 20 окончательно. В третьей позиции: расточить отверстие 55H7, выточку 70 с пропиловкой торца 55H7/70 окончательно		

Продолжение таблицы П1.15

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
030	Зенковать фаску 13458 в отверстии 55Н7	Вертикально-сверлильный	Подставка
035	Протянуть паз Б=8Н9 окончательно	Горизонтально-протяжной 7512	Приспособление
040	Притупить острые кромки	Машина для снятия заусенцев	
045	Промыть деталь	Моечная машина	
050	Технический контроль		
055	Нанесение антикоррозионного покрытия		

Маршрут обработки корпуса

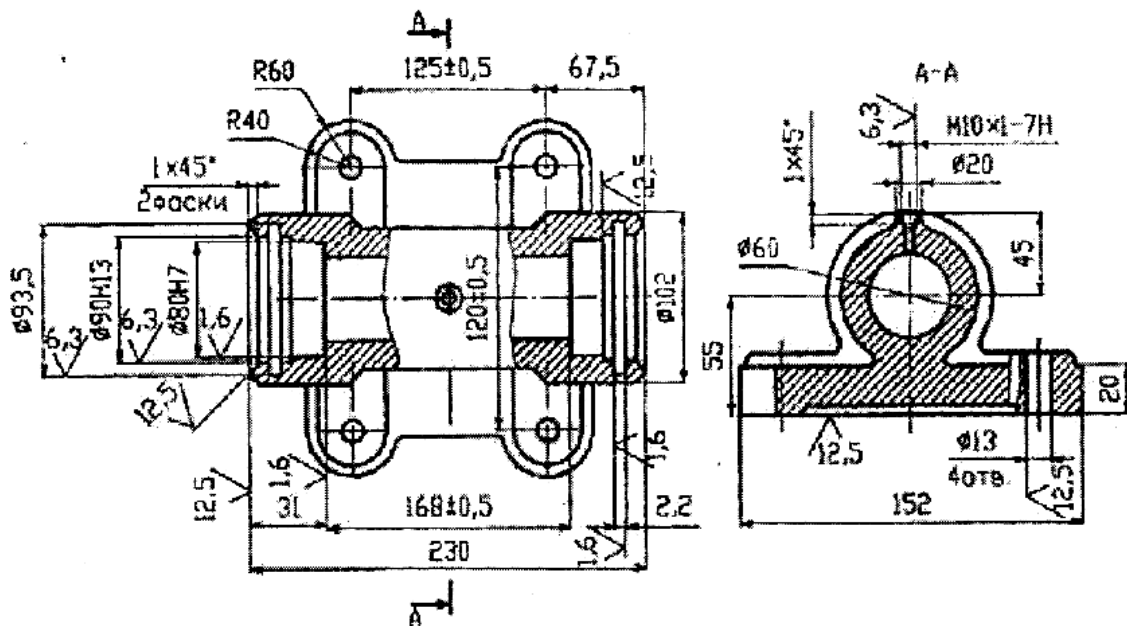


Рис. П1.16. Корпус (заготовка – отливка из серого чугуна).

Таблица П1.16

Маршрут обработки корпуса

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Литье		
010	Обрубка и очистка отливки		

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
020	Фрезеровать плоскость основания окончательно. Сверлить четыре отверстия 13 окончательно. Фрезеровать плоскость бобышки 20 окончательно, сверлить и нарезать резьбу М1031-7Н в одном отверстии окончательно. Фрезеровать торец 102, выдерживая размер 230 окончательно. Расточить выточки 0Н7; 90Н13 и фаску 13458 окончательно. Фрезеровать канавку Б=2,260,5 окончательно. Повернуть стол на 180°. Расточить выточки 80Н7; 90Н13 и фаску 13458 окончательно. Фрезеровать канавку Б=2,260,5 окончательно.	Многоцелевой с ЧПУ и инструментальным магазином ИР500МФ4	Наладка УСПО
020	Притупить острые кромки	Верстак	
025	Технический контроль		
030	Нанесение антикоррозионного покрытия		

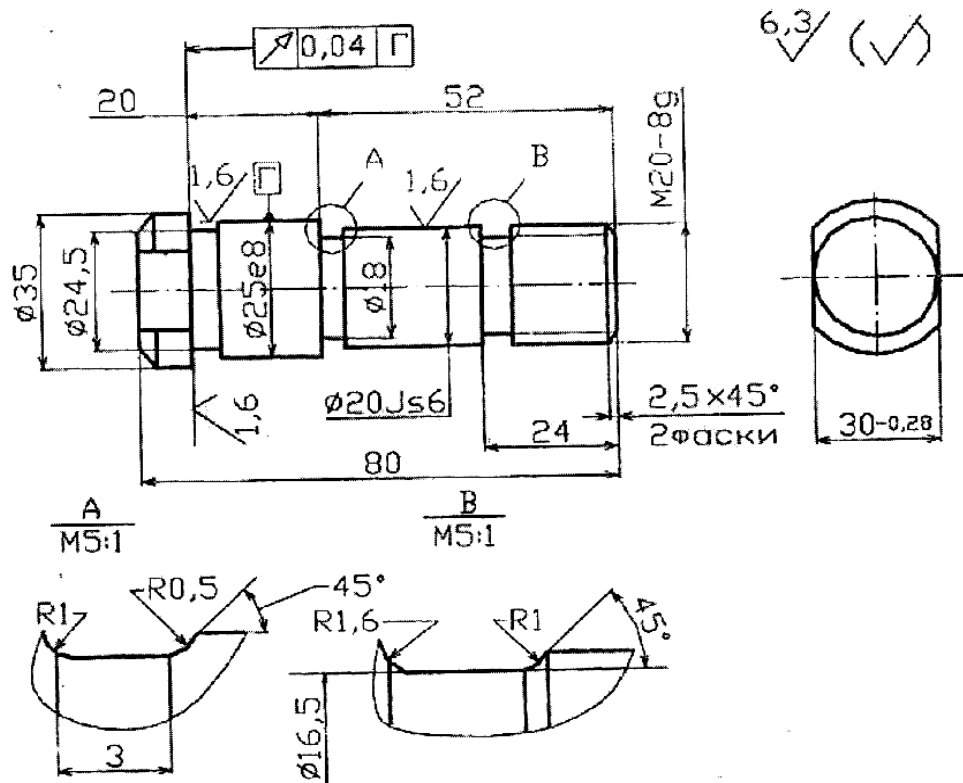
Маршрут обработки оси

Рис. П1.17. Ось (заготовка – прокат из конструкционной стали).

Таблица П1.17

Маршрут обработки оси

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Рубить пруток 36, выдерживая размер 3000	Пресс К9534	
010	Править пруток	Пресс И5529	
015	Заправить концы прутка фаски под угол 208	Токарный ХС-151	

Маршрут обработки шлицевого вала

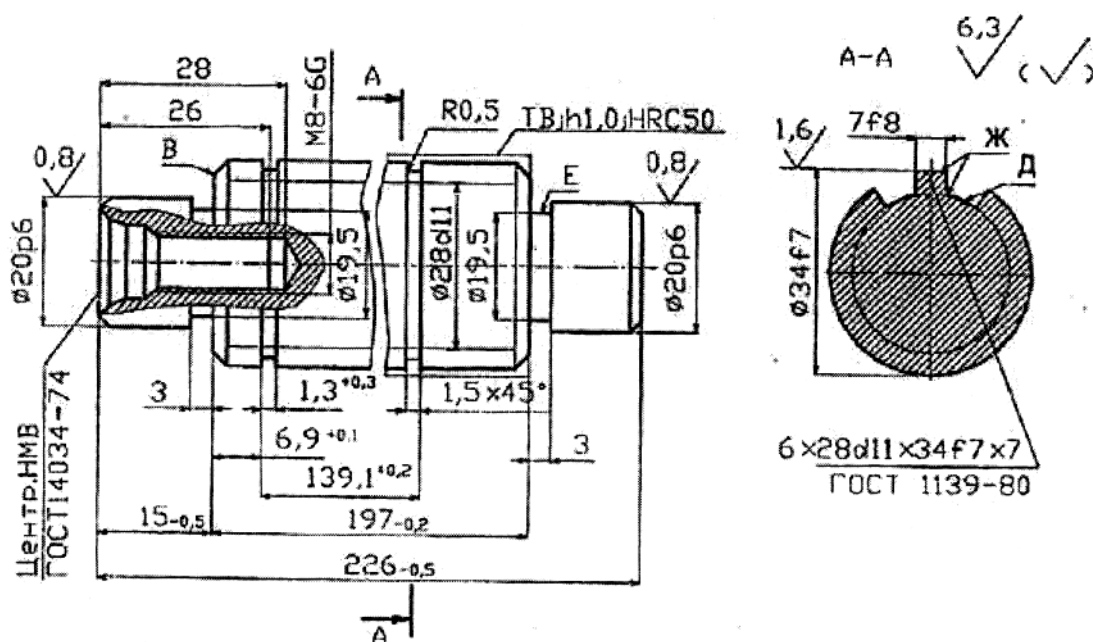


Рис. П1.18. Вал шлицевой (заготовка – прокат из конструкционной стали).

Таблица П1.18

Маршрут обработки шлицевого вала

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Править пруток 323 6000	Пресс К9534	Ролики, втулочный
010	Отрезать заготовку	Фрезерно-отрезной	
015	Фрезеровать торцы в размер 226-0,5 и центровать с двух сторон одновременно	Фрезерно-центровальный 2Г924	Приспособление при станке

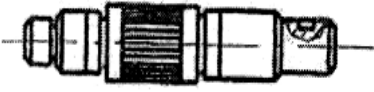
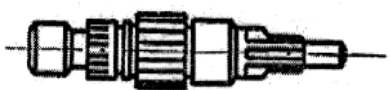
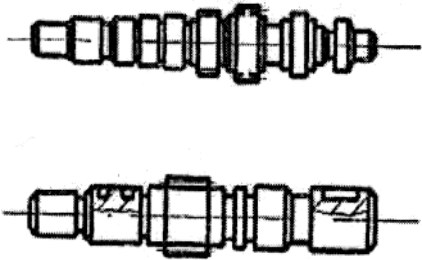
Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
020	Сверлить отверстия 8,4,6,7+0,17 под резьбу М8-6g, зенкеровать фаски, нарезать резьбу М8-6g	Радиально-сверлильный 2А554	Патрон
025	Точить шейки 28d11 до 28,4d11, 20p6 до 20,4d11, фаски, проточить канавки В=3 окончательно	Токарный 16К20Ф3	Вращающийся центр, поводковый патрон
030	Точить шейки 20p6 до 20,4d11, фаски, проточить канавки В=3. Точить две канавки В=1,3+0,3	Токарный 16К20Ф3	То же
035	Фрезеровать шесть шлицев в размер 6,3d11 до 23,3d11	Шлицефрезерный горизонтальный полуавтомат 5А352ПФ3	Удлинённый центр, поводковый центр
040	Зачистить заусенцы	Механизированный верстак	
045	Термическая	Установка ТВЧ	Индуктор
050	Шлифовать центровые фаски	Центрошлифовальный МВ119	Приспособление при станке
055	Шлифовать шейки 20p6 до 28d11 с подшлифовкой торца В окончательно	Круглошлифовальный 3М153ДФ2	Удлинённый центр, поводок
060	Шлифовать шейку 20p6 с подшлифовкой торца Е	Круглошлифовальный	То же
065	Шлифовать шесть шлицев в размер 6328d11334f737	Шлицешлифовальный полуавтомат 3В451ВФ20	Поводковый центр
070	Промыть деталь	Моечная машина	
075	Технический контроль	Нанесение антикоррозионного покрытия	

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Типовые технологические маршруты изготовления валов для различных типов производства

Таблица П2.1

Классификация ступенчатых валов диаметром 30...80 мм,
длинной 150...1000 мм

Тип		Группа			
Наименование	Обозначение	Наименование	Эскиз	Обозначение валов длиной, мм	
				150...500	500...10000
Вал без центрального отверстия		Вал без шлицев и зубчатых колес		1-1-1	1-11-1
		Вал со шлицем		1-1-2	1-11-2
		Вал-шестерня без шлицев		1-1-3	1-11-3

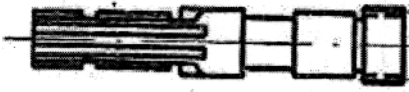
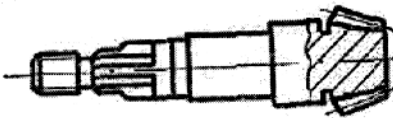
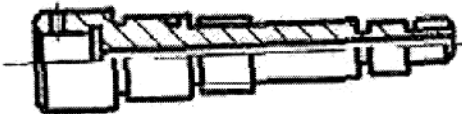
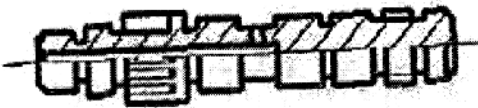
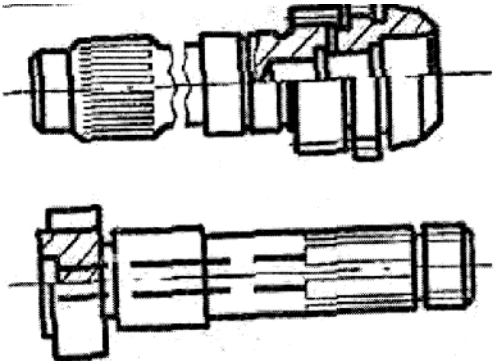
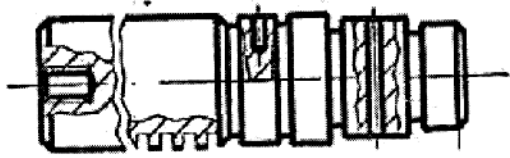
Тип		Группа			
Наименование	Обозначение	Наименование	Эскиз	Обозначение валов длиной, мм	
				150...500	500...10000
Вал без центрального отверстия		Вал-шестерня цилиндрический со шлицами		1-1-4	1-11-4
		Вал-шестерня конический со шлицами		1-1-5	1-11-5
		Вал без шлицев и зубчатых колес		2-1-1	2-11-1
		Вал со шлицем		2-1-2	2-11-2
Вал с центральным отверстием		Вал-шестерня со шлицами		2-1-3	-
		Вал-рейка		-	2-11-3

Таблица П2.2

Типовые технологические маршруты изготовления ступенчатых валов длиной 150...500 мм
в крупносерийном производстве

Операции. Рекомендуемые станки	Наименование и обозначение валов														
	Вал без шлицев и зубчатых колес			Вал со шлицем			Вал-шестерня без шлицев			Вал-шестерня цилиндрический со шлицами			Вал-шестерня конический со шлицами		
	1-1-1			1-1-2			1-1-3			1-1-4			1-1-5		
	Без ТО	Закалка, цементация и закалка	Улучшение	Без ТО	Закалка, цементация и закалка	Улучшение	Без ТО	Закалка, цементация и закалка	Улучшение	Без ТО	Закалка, цементация и закалка	Улучшение	Без ТО	Закалка, цементация и закалка	Улучшение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Фрезерование торцев и зацентровка. Фрезерно-центровальные станки МР71, МР78	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Черновая токарная обработка. Токарные станки топов 1712П, 1722, 16К20Ф3			×			×			×			×			×
Термическая обработка – улучшение			×			×			×			×			
Чистовая токарная обработка. Токарные станки 1712П, 1722, 16К20Ф3			×			×			×			×			×

Продолжение табл. П2.2



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Токарная обработка. Токарные станки 1712П, 1722, 16К20Ф3	×	×		×	×		×	×		×	×		×	×	
Накатывание рефлений. Накатной станок 5964	×	×	×												
Предварительное шлифование. Круглошлифовальные станки 3М151, 2М151Ф2					×					×	×	×	×	×	×
Фрезерование шпоночных пазов. Фрезерный станок ДФ-96 для прямоугольных пазов и станок 1294 для сегментных пазов	×	×	×				×	×	×	×	×	×	×		
Фрезерование шлицев. Шлицефрезерный станок 5350А					×						×				×
Фрезерование цилиндрических зубьев Зубофрезерный станок 5313							×	×	×	×	×	×	×		
Предварительное долбление зубьев. Зубодолбежный станок на базе станков 5В12, 514							×	×	×						



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Долбление зубьев под шевингование. Зубодолбежный станок на базе станков 5В12, 514, 5140							×	×	×						
Нарезание конических зубьев. <u>Зубофрезерные</u> станки 5230, 5320 и на базе станка 520													×	×	×
Снятие фасок на торцах зубьев													×	×	×
<u>Обкатывание</u> зубьев.													×	×	×
Закругление зубьев. <u>Зубозакругляющие</u> станки 5580, 5Н580							×	×	×	×	×	×			
Фрезерование резьбы. <u>Резьбофрезерные</u> станки КТ-45, КТ-43				×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Цементация							×	×	×	×	×	×			
Шевингование зубьев. <u>Шевинговальный</u> станок 5702							×	×	×	×	×	×			
Калибровка резьбы					×		×	×			×				
Термообработка - закалка		×			×			×			×			×	



Продолжение табл. П2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Исправление центров. Центрошлифовальный станок MB149, 3922P		×			×			×			×			×	
Обкатка зубьев. Контрольно-обкатной станок				×		×				×		×	×		×
Фрезерование шлицев. Шлицефрезерный станок 5350A				×		×				×		×	×		×
Шлифование шлицев. Шлицешлифовальный станок 3Б451П					×						×			×	
Калибровка резьбы и зачистка заусенцев					×		×	×			×	×	×	×	×
Промывка	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		×	×	×	×
Окончательный контроль	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		×	×	×	×



Таблица П2.3

Типовые технологические маршруты изготовления ступенчатых валов в серийном производстве

	Наименование и обозначение валов											
	Вал без шлицев и шестерен 1-1-1			Вал со шлицами 1-1-2			Валы-шестерни без шлицев 1-1-3			Валы-шестерни цилиндрический со шлицами 1-1-4		
	Без ТО	Закалка, цементация и закалка	Улучшение	Без ТО	Закалка, цементация и закалка	Улучшение	Без ТО	Закалка, цементация и закалка	Улучшение	Без ТО	Закалка, цементация и закалка	Улучшение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Операции. Рекомендуемые станки												
Фрезерование торцов и зацентровка. Фрезерно-центровальные станки МР37, МР71, МР78	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Черновая токарная обработка. Токарные станки 1712П, 16К20, 16К20Ф3			×			×			×			×
Термическая обработка – улучшение			×			×			×			×
Чистовая токарная обработка. Токарные станки 1712П, 16К20, 16К20Ф3			×			×			×			×
Токарная обработка. Токарные станки 1712П, 16К20, 16К20Ф3	×	×		×	×		×	×		×	×	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Предварительное шлифование. Круглошлифовальные станки 3М151, 2М151Ф2, 3А152										×	×	×
Фрезерование шпоночных пазов. Консольно- фрезерные станки 6М81, 6М11	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Фрезерование шлицев. Шлицефрезерный станок 5350А					×						×	
Фрезерование зубьев. Зубофрезерный станок 5350							×	×	×	×	×	×
Закругление зубьев. Зубозакругляющий станок 5580							×	×	×	×	×	×
Шевингование зубьев. Шевинговальные станки 5М714, 5702							×		×	×	×	×
Нарезание резьбы. Токарно-винторезные станки 1А616, 16К20		×			×			×			×	
Термическая обработка, закалка		×			×			×			×	

Продолжение табл. П2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Окончательное шлифование поверхности. <u>Круглошлифовальные</u> станки 3М151, 3М153А	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Фрезерование шлицев. <u>Шлицефрезерный</u> станок 5350А				×		×				×		×
Шлифование шлицев. <u>Шлицешлифовальный</u> станок 3Б451П, 3451					×						×	
Шлифование зубьев. <u>Зубошлифовальный</u> станок 5831								×			×	
Калибровка резьбы, зачистка заусенцев					×						×	
Промывка	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Окончательный контроль	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Точность заготовок

Таблица ПЗ.1

Классы точности размеров отливок для различных способов литья
(ГОСТ 26645...85)

Литье	Наиболь- ший габаритный размер, мм	Металлы и сплавы		
		Цветные с температу- рой плавления ниже 700 ⁰ С	Цветные с температурой плавления ниже 700 ⁰ С, серый чугун	Ковкий, вы- сокопрочный, легированный чугун, сталь
Под давлением в металлические формы	До 100 св. 100	3Т...5 3...6	3...6 4...7Т	4...7Т 5Т...7
В керамические формы и по вы- плавляемым и вы- жигаемым моде- лям	До 100 св. 100	3...6 4...7	4...7Т 5Т...7	5Т...7 5...8
В кокиль, под низ- ким давлением в металлические формы, в песчаные формы, отвержда- емые в контакте с оснасткой	До 100 100...630 св. 630	4...9 5Т...10 5...1Т	5Т...10 5...11Т 6...11	5...11Т 6...11 7Т...12
Центробежное, в песчаные формы, отверждаемые вне контакта с оснаст- кой, в сварные и сухие песчано- глинистые формы	До 630 630...4000 св. 4000	6...П 7...12 8...13Т	7Т...12 8...13Т 9Т...13	7...13Т 9Т...13 9...14

Примечание: Меньшие значения классов точности и масс отливок относятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производства; большие значения — к сложным отливкам и условиям мелкосерийного и единичного производства; средние значения — к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства.

Таблица ПЗ.2

Допуски линейных размеров отливок, мм не более (ГОСТ 26645-85)

Интервалы номинальных размеров, мм	Класс точности размеров отливок										
	1	2	3Т	3	4	5Т	5	6	7Т	7	8
До 6	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64
4...6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	,70
6...10	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80
10...16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90
16...25	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00
25...40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10
40...63	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20
63...100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40
100...160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60
160...250	—	—	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80
250...400	—	—	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00
400...630					0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20
630...1000						0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40
1000...1600								1,40	1,80	2,20	2,80
1600...2500									2,00	2,40	3,20
2500...4000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,20	3,60

Таблица ПЗ.3

Допуски линейных размеров отливок, мм не более (ГОСТ 26645-85)

Интервалы номинальных размеров, мм	Класс точности размеров отливок										
	9Т	9	10	11Т	11	12	13Т	13	14	15	16
До 6	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	—	—	—	—	—	—
4...6	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20	2,80	—	—	—	—	—
6...10	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	—	—	—
10...16	1,10	1,40	1,80	2,20	2,80	3,60	4,40	5,60	7,00	—	—
16...25	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10,0	12,0
25...40	1,40	1,80	2,20	2,80	3,60	4,40	5,60	7,00	9,00	11,0	14,0
40...63	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10,0	12,0	16,0
63...100	1,80	2,20	2,80	3,60	4,40	5,60	7,00	9,00	11,0	14,0	
100...160	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10,0	12,0	16,0	20,0
160...250	2,20	2,80	3,60	4,40	5,60	7,00	9,00	11,0	14,0	18,0	22,0
250...400	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0
400...630	2,80	3,60	4,40	5,60		9,00	11,0	14,0	18,0	22,0	28,0
630...1000	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0
1000...1600	3,60	4,40	5,60	7,00	9,00	11,0	14,0	18,0	22,0	28,0	36,0

Примечания:

1. Табличные допуски не учитывают смещение и коробление отливок.
2. Допуски угловых размеров в пересчете на линейные не должны превышать таб-

личных значений.

3. Допуски размеров элементов отливки, образованных двумя полуформами, перпендикулярными к плоскости разъема, следует устанавливать соответствующими классу точности размеров отливки. Допуски размеров элементов, образованных одной частью формы или одним стержнем, устанавливают на 1...2 класса точнее. Допуски размеров элементов, образованных тремя частями формы и более, несколькими стержнями или подвижными элементами формы, а также толщины стенок, ребер и фланцев устанавливают на 1...2 класса грубее.

4. Предпочтительно следующее расположение полей допусков: несимметричные односторонние “в тело” – для размеров элементов (кроме толщин стенок), расположенных в одной части формы и не подвергаемых механической обработке (для охватывающих – “в плюс”, для охватываемых – “в минус”); симметричные – для размеров остальных элементов.

Таблица ПЗ.4

Точность координат и углового положения осей отверстий в отливках

Литье	Расстояние до отверстия или между отверстиями				Отклонение от перпендикулярности к базе (мкм на 1 мм длины отверстия)			
	До 50	50... 120	120... 260	260... 500	До 10	10... 30	30... 50	Св.50
В песчано-глинистые формы	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$	$\pm 2,0$	$\pm 2,5$		20–10	15–5,0	10–3,0
В металлические формы	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,75$	$\pm 1,0$				
Под давлением в оболочковые формы, по выплавляемым моделям	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,25$	$\pm 0,35$	4–2	3–1,5	2–1	1,5–0,7

Таблица ПЗ.5

Коробление отливок (мкм на 1 мм длины поверхности)

Литье	Диаметр или толщина заготовки, мм		
	18...50	50...120	120...180
В песчано-глинистые формы	4,0	3,0	2,5
В металлические формы	2,0	1,0	0,7

Таблица ПЗ.6

Отклонение от перпендикулярности торцов относительно оси и боковых поверхностей относительно основания отливок, мм

Литье в формы	Диаметр или толщина детали, мм				
	До 20	20–50	50–100	100–200	300–500
Песчано-глинистые	1,25	1,75	2,00	2,50	4,50
Металлические	0,75	1,00	1,25	1,75	3,00

Таблица ПЗ.7

Точность координат осей отверстий в поковках и штампованных заготовках

Вид обработки	Расстояние до отверстия или между отверстиями			
	До 50	50...120	120...260	260...500
Ковка	$\pm 1,5$	$\pm 2,0$	$\pm 2,5$	$\pm 3,0$
Штамповка:				
обычной точности	$\pm 0,5$	$\pm 0,7$	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$
повышенной точности	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,75$	$\pm 1,0$

Таблица ПЗ.8

Коробление штампованных заготовок (мкм на 1 мм длины отверстия)

Горячая объемная штамповка	Диаметр или толщина заготовки, мм				
	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180
Без правки	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8
После правки	0,4	0,3	0,2	0,2	0,15

Таблица ПЗ.9

Отклонение от перпендикулярности торцов относительно оси отверстий и боковых поверхностей относительно основания поковок и штампованных заготовок (мкм на 1 мм длины поверхности)

Вид обработки	Диаметр или толщина заготовки, мм				
	До 20	20...50	50...100	100...200	200...500
Ковка	2,0	2,0...3,0	3,0...6,0	5,0...7,0	7,0...10,0
Горячая объемная штамповка	0,3...1,0	0,8...1,5	1,0...2,0	2,5...5,0	5,0...8,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Средняя экономическая точность обработки для различных операций

Таблица П4.1

Средняя экономическая точность соосности и цилиндричности поверхностей, обработанных на операции сверления, мкм

Метод обработки	Отклонение от	Номинальные размеры, мм			
		До 10	10...50	50...160	160...300
Сверление спиральными сверлами	соосности с базой	25...60	40...120	80...250	160...400
	цилиндричности	12...25	16...40	20...50	—
Сверление ружейными сверлами	соосности с базой	2,5...6	4...16	10...25	20...50
	цилиндричности	2...5	4...10	8...16	12...20
Зенкерование	соосности с базой	4...10	8...16	10...25	16...40
	цилиндричности	2...8	6...12	8...20	—
Развертывание	соосности с базой	Исходная погрешность +(46)			
	цилиндричности	1,5...2	2,5...8	5...10	8...16

Таблица П4.2

Средняя экономическая точность координат и углового положения осей отверстий, полученных на операции сверления, мкм

Координация инструмента на сверлильных и радиально-сверлильных станках	Расстояние от базы или между отверстиями				Отклонение от перпендикулярности к базе (мкм на 1 мм длины базы)			
					Диаметр отверстия			
	До 50	50...120	120...260	260...500	До 10	10...30	30...50	Св. 50
По разметке	-0,5	-0,7	-0,8	-1,0	4...2	3...1,5	2...1	1,5...0,8
По кондуктору со сменными втулками нормальной точности	-0,1	-0,15	-0,2	-0,25	2...1,5	1,8...1,6	1,5...0,7	1...0,5
По кондуктору с вращающимися втулками повышенной точности	-0,035	-0,04	-0,05	-0,06	1...0,7	0,8...0,5	0,6...0,4	0,5...0,3
Сверление ружейными сверлами	-0,035	-0,04	-0,05	-0,06	0,6...0,3	0,6...0,3	0,4...0,2	0,3...0,1

Примечание: Приведенные в таблице погрешности координат оси действительны для отверстий диаметром 18...30 мм. При обработке других отверстий значение необходимо умножить на коэффициент К. Для диапазонов диаметров: от 10 до 18 мм К=0,8; от 30 до 50 мм К=1,2; св. 50 мм К=1,6.

Таблица П4.3

Средняя экономическая точность на операциях растачивания при отклонениях формы и углового положения технологической базы, не превышающих 10% отклонений линейных размеров

Оборудование и метод обработки	Способ обеспечения точности	Рабочий ход	Шероховатость, мкм		Точность размеров			
			R_z	R_a	Диаметральных, квалитет	Продольных, мм		
						До 80	80..260	260..500
Растачивание ступенчатых отверстий на горизонтально-расточных станках	По лимбу	1	80	20	11	0,15	0,2	0,25
		2	10	2,5	8...9	0,1	0,15	0,2
	По программе (на станке с ЧПУ)	1	80	20	11	0,1	0,12	0,15
		2	10	2,5	8...9	0,05	0,08	0,1
	Между поверхностями, обработанными резцами в одной борштанге	1	20	5	8...9	0,05	0,06	0,08
		2	5	1,25	6...7	0,05	0,06	0,08
	Между поверхностями, обработанными на разных позициях	1	20	5	8...9	0,1	0,12	0,15
		2	5	1,25	6...7	0,07	0,11	0,12

Таблица П 4.4

Средняя экономическая точность формы и углового положения поверхностей, обработанных на операциях алмазного растачивания относительно предварительно обработанных технологических баз, мкм

Отклонение	Номинальные размеры, мм					
	До 10	10...50	50...160	160...300	300...500	Св. 500
Плоскостности	0,4...1,0	0,8...2	1,2...4,0	2,5...8,0	6...10	—
Перпендикулярности	0,6...1,6	1,2...4	2,5...6,0	4...8	6...10	8...10
Цилиндричности	0,5...1,2	1...2,8	2...5	4...10	6...16	10...20
Соосности	2,5...6,0	3...8	5...10	6...12	8...16	10...20

Таблица П4.5

Средняя экономическая точность координат осей отверстий, полученных на операциях растачивания, мм

Оборудование и методы обработки	Метод координации инструмента	Расстояние от базы или между отверстиями			
		До 50	50... ...120	120... ...260	260... ...500
Растачивание на горизонтально-расточных станках	по разметке	≈0,4	≈0,6	≈0,7	≈0,8
	по шкале нониуса	≈0,15	≈0,2	≈0,3	≈0,4
	по штрихмасу	≈0,05	≈0,07	≈0,1	≈0,12
	по концевым мерам	≈0,03	≈0,04	≈0,05	≈0,06
Растачивание на алмазно-расточных станках	по шкале нониуса	≈0,02	≈0,02	≈0,03	≈0,04
Растачивание на координатно-расточных станках	по шкале нониуса	≈0,02	≈0,03	≈0,04	≈0,05
	по оптическим приборам	≈0,005	≈0,01	≈0,015	≈0,02

Примечание к табл. П4.6: Приведенные в таблице точности координат осей действительны для отверстий диаметром 18...30 мм. При обработке других отверстий значение необходимо умножить на коэффициент К. Для диапазонов диаметров: от 10 до 18 мм К=0,8; от 30 до 50 мм К=1,2; св. 50 мм К=1,6.

Таблица П4.6

Средняя экономическая точность на операциях фрезерования при отклонениях формы и углового положения технологической базы, не превышающих 10% отклонений линейных размеров

Оборудование и метод обработки	Способ обеспечения точности	Рабочий ход	Шероховатость, мкм		Точность размеров, мм			
			R_z	R_a	До 80	80.. 260	260.. 500	Св. 500
Цилиндрическими фрезами на горизонтальных и универсально-фрезерных станках	По установкам и упорам	1	80	20	0,2	0,25	0,3	0,4
		2	10	2,5	0,12	0,17	0,2	0,25
		3	5	1,25	0,06	0,08	0,12	0,15
Торцовыми фрезами на вертикальных и универсально-фрезерных станках	По установкам и упорам	1	80	20	0,2	0,25	0,3	0,4
		2	10	2,5	0,12	0,17	0,2	0,25
		3	5	1,25	0,04	0,06	0,1	0,12
Двусторонние фрезерные станки	От базы по установкам	1	80	20	0,2	0,25	0,3	0,4
		2	10	2,5	0,12	0,17	0,2	0,25
	Между фрезами	1	80	20	0,1	0,15	0,17	0,2
		2	10	2,5	0,08	0,1	0,12	0,15

Таблица П4.7

Средняя экономическая точность формы и углового положения поверхностей, обработанных на фрезерных операциях относительно предварительно обработанных технологических баз, мкм

Оборудование	Рабочий ход	Отклонение от	Номинальные размеры, мм					
			До 10	10... ..50	50... ..160	160... ..300	300... ..500	Св. 500
Вертикальные, горизонтальные, продольнофрезерные станки	1	плоскостности	6...16	10... ..20	16... ..40	28... ..80	50... ..120	100... ..600
		перпендикулярности	25...60	40... ..120	108... ..250	200... ..360	250... ..450	400... ..950
	2	плоскостности	1...4	2,5... ..10	6... ..16	10... ..20	16... ..30	20... ..100
		перпендикулярности	4...10	6... ..30	20... ..60	40... ..80	60... ..120	100... ..400

Таблица П4.8

Средняя экономическая точность на операциях строгания при отклонениях формы и углового положения технологической базы, не превышающих 10% отклонений линейных размеров

Оборудование и метод обработки	Способ обеспечения точности	Рабочий ход	Шероховатость, мкм		Точность размеров, мм			
			R_z	R_a	До 80	80.. 260	260.. ..500	Св. 500
Долбежные станки	По лимбу	1	80	20	0,4	0,45	0,1	0,6
		2	20	5	0,2	0,25	0,3	0,4
Поперечно-строгальные станки	По лимбу и установам	1	80	20	0,4	0,45	0,5	0,6
		2	20	2,5	0,12	0,17	0,2	0,25
Продольно-строгальные станки	По лимбу и установам	1	80	20	0,2	0,25	0,3	0,4
		2	10	2,5	0,12	0,17	0,2	0,25

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Припуски на обработку для различных операций

Таблица П5.1

Припуски на тонкое растачивание, мм

Окончательный диаметр обработки		Припуск на диаметр при растачивании							
		алюминия		баббита		Бронзы и чугуна		стали	
свыше	до	предварительном	окончательном	предварительном	окончательном	предварительном	окончательном	предварительном	окончательном
—	30	0,2	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
30	50	0,3	0,1	0,4	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1
50	80	0,4	0,1	0,5	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1
80	120	0,4	0,1	0,5	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1
120	180	0,5	0,1	0,6	0,1	0,4	0,1	0,3	0,1

Таблица П5.2

Операционные припуски на обтачивание, мм

Интервалы диаметров	Черновое обтачивание термически необработанных и обработанных материалов		Чистовое обтачивание			
			термически необработанных материалов		термически обработанных материалов	
	длина					
	До 200	Св.200 до 400	До 200	Св.200 до 400	До 200	Св.200 до 400
	Припуск <i>a</i> на диаметр					
От 3 до 6	—	—	0,5	—	0,8	—
Св. 6 до 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		2,2	1,4	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 П5.3

Операционные припуски на наружное шлифование, мм

Интервалы диаметров	Вариант I	Вариант II		Вариант III	
	Окончательное шлифование термически обработанных деталей	Шлифование после термообработки		Черновое шлифование до термообработки	Чистовое шлифование до термообработки
		черновое	чистовое		
Припуск a на диаметр					
От 3 до 6	0,2	0,15	0,05	—	—
Св. 6 до 10	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3
10...18	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3
18...30	0,3	0,2	0,1	0,3	0,4
30...50	0,4	0,3	0,1	0,3	0,4
50...80	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5
80...120	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5
120...180	0,8	0,5	0,3	0,5	0,8
180...260	0,8	0,5	0,3	0,5	0,8
260...360	0,8	0,5	0,3	0,5	0,8

Примечание к табл. П5.2. При обтачивании заготовок с уступами припуск назначается в зависимости от общей длины детали и наибольшего диаметра.

Таблица П5.3

Операционные припуски на зенкерование, растачивание и развертывание отверстий, мм

Интервалы диаметров	После сверления				После зенкерования или растачивания		Чистовое развертывание после черного
	Зенкерование	Растачивание	Чистовое растачивание	Развертывание	Развертывание	Черновое развертывание	
От 3 до 6	—	—	—	0,15	—	0,15	0,05
Св. 6 до 10	—	—	—	0,2	0,2	0,2	0,1
10...18	0,8	0,8	0,5	0,3	0,2	0,2	0,1
18...30	1,2	1,2	0,8	0,3	0,3	0,2	0,1
30...50	1,5	1,5	1,0	—	—	—	—
50...80	—	2,0	1,0	—	—	—	—
80...120	—	2,0	1,3	—	—	—	—
120...180	—	2,0	1,5	—	—	—	—

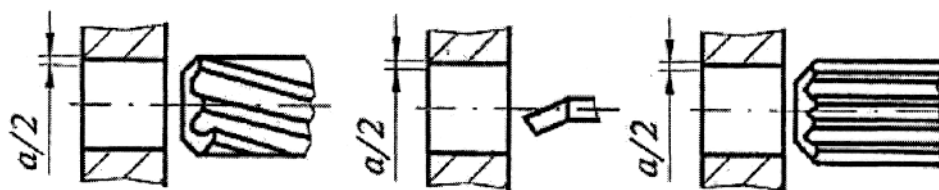


Рис. П5.1. Схемы для определения операционных припусков при зенкерании, растачивании и развертывании отверстий.

Таблица П5.5

Операционные припуски на внутреннее шлифование, мм

Интервалы диаметров	Вариант I	Вариант II		Вариант III	
	Окончательное шлифование термически обработанных и необработанных деталей	Шлифование после термообработки		Черновое шлифование до термообработки	Чистовое шлифование после термообработки
		черновое	чистовое		
Припуск a на диаметр					
От 6 до 10	0,2	—	—	—	—
Св.10...до 18	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3
18...30	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3
30...50	0,3	0,2	0,1	0,3	0,4
50...80	0,4	0,3	0,1	0,3	0,4
80...120	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5
120...180	0,5	0,3	0,2	0,5	0,5

Таблица П5.6

Операционные припуски на фрезерование плоскостей, мм

Толщина <i>h</i>	Черновое фрезерование после грубого						Чистовое фрезерование после чернового					
	Ширина <i>b</i> до 200 мм			Ширина <i>b</i> св. 200 до 400 мм			Ширина <i>b</i> до 200 мм			Ширина <i>b</i> св. 200 до 400 мм		
	Припуск на толщину при длине											
	До 100	Св. 100 до 260	Св. 260 до 400	До 100	Св. 100 до 260	Св. 260 до 400	До 100	Св. 100 до 260	Св. 260 до 400	До 100	Св. 100 до 260	Св. 260 до 400
Припуск на диаметр												
Св. 6 до 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
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

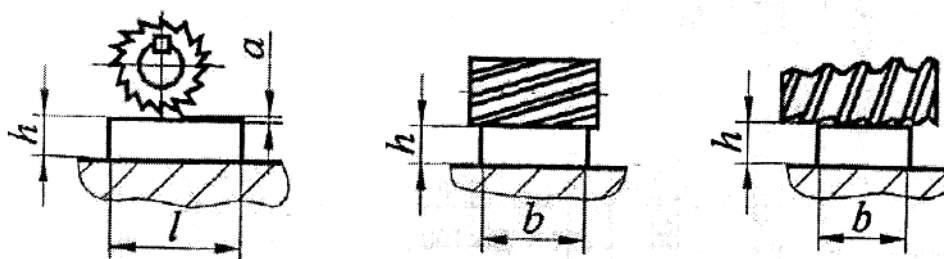


Рис. П5.2. Схемы для определения операционных припусков при фрезеровании.

Таблица П5.7

Операционные припуски на шлифование плоскостей (по РТМ-588), мм

Толщина <i>A</i>	1-й вариант						2-й вариант									
	Окончательное шлифование термически обработанных и необработанных деталей						Шлифование после термообработки									
							Черновое					Чистовое				
	Ширина до 200		Ширина св. 200 до 400		Ширина до 200		Ширина св. 200 до 400		Ширина до 200		Ширина св. 200 до 400					
	Припуск <i>a</i> на толщину <i>h</i> при длине															
	До 100	Св.100 до 250	Св.250 до 400	До 100	Св.100 до 250	Св.250 до 400	До 100	Св.100 до 250	Св.250 до 400	До 100	Св.100 до 250	Св.250 до 400	До 100	Св.100 до 250	Св.250 до 400	
6...30	0,3	—	0,3	—	—	0,2	—	0,2	—	—	0,1	—	0,1	—	—	
30...50	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
50...—	0,5	—	0,5	—	—	0,3	—	0,3	—	—	0,2	—	0,2	—	—	

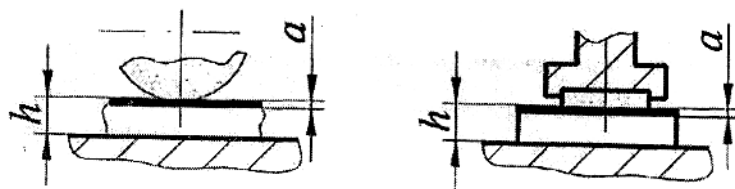


Рис. П5.3. Схема определения операционных припусков при шлифовании.

Таблица П5.8

Припуски на обработку зубьев, мм

модуль	Припуск a на толщину зуба					
	Под чистовое нарезание после чернового		Под шлифование		Под шевингование	
	наименьший	наибольший	наименьший	наибольший	наименьший	наибольший
До 2	—	—	0,2	0,3	0,03	0,05
2...3	0,4	0,5	0,25	0,35	0,05	0,08
3...5	0,5	0,6	0,3	0,4	0,08	0,12
5...7	0,6	0,7	0,3	0,4	0,10	0,20
7...10	0,7	0,8	0,4	0,4	0,15	0,25

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Таблицы для расчета составляющих штучного времени

Таблица П6.1

Коэффициенты и показатели степени для определения поправочных коэффициентов на вспомогательное время в зависимости от характеристик серийности работ.

Токарные, сверлильные и фрезерные станки ($\kappa_{сер} = aT_n^{-x}$)

Номер позиции	Характер выполняемой работы	a	x
1	Обработка деталей мелких размеров – мелкие станки	3,19	0,219
2	Обработка деталей повторяющихся конструкций и средних размеров – средние станки	4,17	0,216
3	Обработка корпусных и оригинальных деталей – крупные станки	5,45	0,212

Примечание: Продолжительность работы станка по обработке партии деталей T_n рассчитывают в сменах с учетом трудоемкости операции и числа деталей, в партии или как среднее значение, в зависимости от числа операций, выполняемых рабочим или группой рабочих при обработке однородных деталей в течение месяца.

Таблица П6.2

Коэффициенты и показатели степени для определения вспомогательного времени на установку и снятие деталей массой 3 кг в самоцентрирующем патроне или оправке.

Токарные и сверлильные станки ($t_{ум} = aQ^x$)

Номер позиции	Способ установки детали	a	x
1	В самоцентрирующем патроне с креплением ключом без выверки (визуально)	0,248	0,236
2	В самоцентрирующем патроне с креплением ключом с выверкой по индикатору	0,658	0,200
3	В самоцентрирующем патроне с креплением пневмозажимом без выверки	0,120	0,200
4	В самоцентрирующем патроне с креплением пневмозажимом с выверкой по индикатору	0,380	0,200
5	В самоцентрирующем патроне с центром задней бабки при подводе пиноли пневматическим устройством или отводной рукояткой	0,317	0,117
6	На конической оправке с креплением гайкой и быстросъемной шайбой	0,247	0,260
7	На конической оправке с креплением гайкой и простой шайбой	0,392	0,290
8	На конической разжимной оправке с креплением пневматическим зажимом	0,183	0,300
9	На конической разжимной оправке с креплением гайкой	0,200	0,270

Примечания:

1. При переустановке детали время по таблице принять с коэффициентом, равным 0,8.
2. При установке деталей из легких сплавов время по таблице принять с коэффициентом, равным 1,1.

Таблица П6.3

Коэффициенты и показатели степени для определения вспомогательного времени на установку и снятие деталей на столе или угольнике.

Сверлильные и фрезерные станки ($t_{ycm} = aQ^x N_{дет}^y + 0,4(n_б - 2)$)

Номер позиции	Способ установки детали	Масса детали Q , кг	a	x	y
1	На столе по упорам с креплением болтами и планками, без выверки	До 3	0,600	0,095	0,80
		4...20	0,527	0,236	0,86
		Св.20	1,380	0,195	0,65
2	На столе по упорам с креплением болтами и планками, выверка простая	До 3	1,000	0,147	0,91
		4...20	0,880	0,286	0,88
		Св.20	2,260	0,184	0,73
3	На столе по упорам с креплением болтами и планками, выверка сложная	До 3	1,510	0,156	0,98
		4...20	1,340	0,244	0,94
		Св.20	2,270	0,256	0,52
4	На столе по упорам с креплением болтами и планками, без выверки	До 3	0,740	0,183	0
		4...20	0,610	0,321	
		Св.20	1,620	0,200	
5	На угольнике или сбоку стола с креплением болтами и планками, на весу, без выверки, по фиксатору или направляющей	До 3	0,680	0,180	0
		4...20	0,610	0,250	
		Св.20	0,954	0,270	
6	На угольнике или сбоку стола с креплением болтами и планками, с выверкой по контуру необработанной поверхности	До 3	0,850	0,228	0
		4...20	0,764	0,335	
		Св.20	2,030	0,176	

Примечания: 1. Время в таблице дано на крепление детали с обработанной установочной поверхностью двумя болтами. 2. При числе болтов $n_б > 2$ проставлять значение $n_б$. При установке деталей из легких сплавов время по таблице принять с коэффициентом, равным 1,1.

Таблица П6.4

Коэффициенты и показатели степени для определения вспомогательного времени на установку и снятие деталей в тисках.

Сверлильные и фрезерные станки ($t_{ycm} = aQ^x$)

Номер позиции	Способ установки детали	Масса детали Q , кг	a	x
1	В тисках с винтовым зажимом без выверки	До 20	0,235	0,210
2	В тисках с винтовым зажимом с выверкой	До 20	2,004	0,170
3	В тисках с винтовым зажимом с дополнительным креплением двумя прижимными планками с выверкой	До 20	2,284	0,170

Продолжение таблицы П6.4

Номер позиции	Способ установки детали	Масса детали Q , кг	a	x
4	В тисках с винтовым зажимом с дополнительным креплением тремя прижимными планками с выверкой	До 20	2,589	0,164
5	В тисках с пневматическим зажимом	До 3	0,152	0,102
6	В тисках с пневматическим зажимом	4...20	0,101	0,437

Примечание: Время на установку и снятие дано при длине детали до 800 мм. При переустановке детали время по таблице принять с коэффициентом, равным 0,8. При установке деталей из легких сплавов время по таблице принять с коэффициентом, равным 1,1.

Таблица П6.5

Коэффициенты для определения вспомогательного времени на управление станком. Токарные, сверлильные и фрезерные станки

($t_{г.он} = a + b \sum x_0, y_0, z_0 + cK + dl_{nl} + \alpha T_a$), где x_0, y_0, z_0 – нулевые координаты, мм

Программоноситель	Тип станка	a	b	c	d	α
Перфолента	Фрезерные	0,61	0,00250	0,05	0,022	0
	Токарные и сверлильные	0,36	0,00125	0,04	0,022	
Магнитная лента	Фрезерные	0,61	0,00250	0,05	0	$\alpha_1=0,04$
						$\alpha_2=0,01$
	Токарные и сверлильные	0,36	0,00125	0,04		$\alpha_1=0,04$
						$\alpha_2=0,01$

Таблица П6.6

Коэффициенты для определения вспомогательного времени на контрольные измерения. Токарные, сверлильные и фрезерные станки ($t_{контр} = \sum kD_{изм}^z L^u$)

Номер позиции	Измерительный инструмент (код)	Точность измерения	k	z	u	Примечание
1	Штангенциркуль (при $D_{изм}$ до 200 мм)	0,02 мм	0,0187	0,21	0,330	—
2	Микрометр простой	0,01 мм	0,0400	0,2	0,240	—
3	Микрометр рычажный	0,002 мм	0,02650	0	0,050	$L_{изм} \leq 200$ мм
			0,0400	0	0,408	$L_{изм} \geq 200$ мм

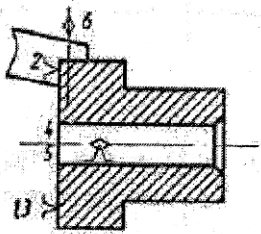
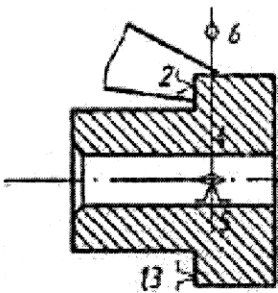
Примечание к табл. П6.6: $\alpha=0,04$ при скорости воспроизведения программы 12 м/мин; $\alpha_2=0,01$ при скорости воспроизведения программы 3 м/мин.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Технологические маршруты изготовления зубчатых колес 6-й и 7-й степени точности

Таблица П7.1

Технологический маршрут изготовления зубчатого колеса со ступицей
(тип I и II, 7-я степень точности, диаметр 80 – 200 мм, модуль 2,5 – 5 мм,
материал заготовки – сталь 18ХГТ)

№ операции	Операция	Базирование	Оборудование
1	Изготовление заготовки (штамповка)	—	—
2	Термическая обработка (нормализация и отпуск)	—	—
3	Токарная предварительная получистовая и чистовая обработка с одной стороны по наружному диаметру, торцам и отверстию		Револьверный станок с ЧПУ или патронный полуавтомат с ЧПУ
4	Токарная обработка с другой стороны отверстия под протяжку, размер с точностью по 7-му качеству, торцы и наружный диаметр с припуском под чистовую обработку		Револьверный станок с ЧПУ или патронный полуавтомат с ЧПУ
5	Протягивание шлицевого отверстия комбинированной протяжкой	По торцу и отверстию	Вертикально-протяжной станок
6	Зачистка заусенцев на торце шлицевого отверстия	—	Станок для зачистки заусенцев
7	Чистовая токарная обработка базового торца (см. эскиз) А и наружной поверхности венца; обработка второго торца Б; биение торца не более 0,02–0,03 мм. Нарезание зубьев (черновое)	Установка на оправку по отверстию с базированием по малому диаметру шлицев	Токарный станок с ЧПУ
8	Нарезание зубьев (черновое)	По базовому торцу и отверстию (на оправке)	Зубофрезерный станок

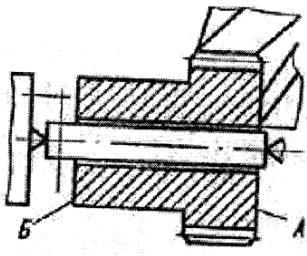
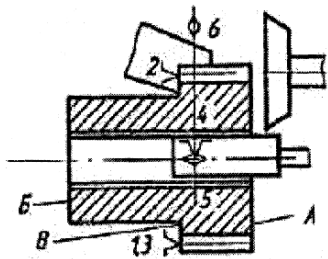
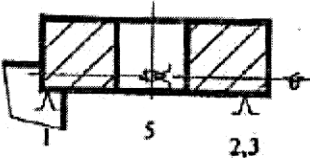
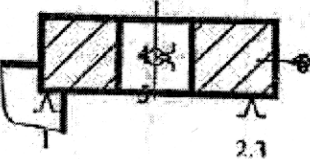
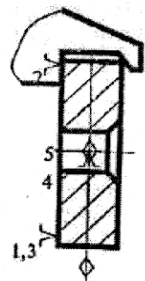
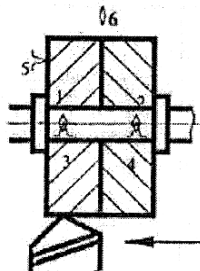
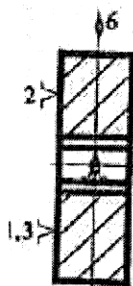
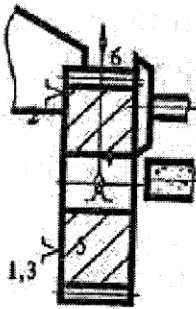
№ операции	Операция	Базирование	Оборудование
9	Нарезание зубьев (чистовое)	По базовому торцу и отверстию (на оправке)	Зубофрезерный станок
10	Зубозакругление	Шлицевое отверстие по малому диаметру шлицев	Зубозакругляющий станок
11	Шевингование зубьев на оправке	Шлицевое отверстие по малому диаметру (одна оправка для операций 11 и 12)	Шевинговальный станок
12	Шлифование по наружному диаметру и торцу, противоположному базе на той же оправке, что и операции 11, не снимая заготовки с оправкой (станки устанавливаются рядом)		Круглоторцевшлифовальный станок
13	Мойка		Моечная машина
14	Контроль		—
15	Термическая обработка — цементация, закалка, отпуск		—
16	Шлифование отверстия по малому диаметру шлицев (точность по 7-му качеству) и базового торца А	По наружному диаметру зубчатого венца, профилирование на одной оправке, используемой при шевинговании зубьев на операциях 11 и 12 	Внутришлифовальный станок с двумя кругами
17	Шлифование торца ступицы	По торцу заготовки	Плоскошлифовальный станок
18	Шлифование зубьев однократное на оправке. При малом короблении зубьев после термической обработки зубошлифование может быть заменено зубохонингованием	На оправке по малому диаметру шлицев. По малому диаметру шлицев на круглой гладкой оправке	Зубошлифовальные станки Зубохонинговальные станки

Таблица П7.2

Технологический маршрут изготовления плоского зубчатого колеса без ступицы (тип I I I и IV, 6-я степень точности, диаметр 80 – 220 мм, модуль 2,5 – 5,0 мм, посадка на валу по малому диаметру шлицев)

№ операции	Операция	Базирование	Оборудование
1	Изготовление штамповки	—	—
2	Предварительная (черновая) токарная обработка с одной стороны и растачивание отверстия		Вертикальный патронный токарный полуавтомат
3	Предварительная (черновая) токарная обработка с другой стороны и повторное растачивание отверстия		Вертикальный патронный токарный полуавтомат
4	Термическая обработка (нормализация и отпуск)	—	—
5	Шлифование боковых сторон с двух сторон последовательно (с переворачиванием заготовки)	По торцам	Вертикальный плоскошлифовальный станок
6	Чистовое растачивание отверстия с точностью по 7-му качеству (установка с поджимом к торцу с помощью скошенных кулачков)		Алмазно-расточной или револьверный станок
7	Протягивание шлицев (шлицевая протяжка не комбинированная, а только обрабатывающая боковые стороны и больший диаметр шлицев)	По торцу и точно расточенному отверстию заготовки зубчатого колеса на операции 6	Вертикально-протяжной станок
8	Зачистка фасок на торцах шлицев	—	—
9	Чистовое обтачивание по венцам (обработка набора заготовок на круглой оправке с базированием по малому диаметру шлицев)		Токарный станок с ЧПУ

№ операции	Операция	Базирование	Оборудование
10	Зубонарезание под следующее шлифование зуба, проводимое после термической обработки на операциях 18 и 19	На круглой оправке по торцу и малому диаметру шлицев 	Зубофрезерный станок
11	Зубозакругление или снятие фасок	По малому диаметру шлицев и торцу	Зубозакругляющий станок
12	Слесарная (зачистка)	—	—
13	Моечная	—	Моечная машина
14	Контрольная	—	—
15	Термическая обработка (цементация, закалка, отпуск)	—	—
16	Окончательное шлифование противобазового торца и поверхности венца на центральной оправке; биение торца не более 0,015 мм	По большему диаметру шлицев и базовому торцу 	Торцевкругло-шлифовальный станок с косым кругом
17	Окончательное шлифование базового торца и отверстия по 6-му качеству (по малому диаметру шлицев). Биение торца не более 0,01 мм		Внутри-шлифовальный станок
18	Предварительное шлифование зубьев червячным шлифовальным кругом на центральной оправке с посадкой по малому диаметру шлицев	На оправке по малому диаметру шлицев	Зубошлифовальный станок с червячным шлифовальным кругом

Продолжение табл. П7.2

№ операции	Операция	Базирование	Оборудование
19	Окончательное шлифование зубьев на станках высокого класса точности	На центральной круглой оправке (по малому диаметру шлицев)	Зубошлифовальный станок с червячным шлифовальным кругом
20	Моечная	—	Моечная машина
21	Контроль, клеймение, проверка уровня шума		Контрольный инструмент, специальный станок

Таблица П7.3

Технологический маршрут изготовления вала-шестерни 7-й степени точности

№ операции	Операция	База
1	Фрезерование и центрование заготовки с двух сторон	Поверхности наружных ступеней заготовок и одного торца ступени –
2	Обтачивание заготовки с одной стороны (черновое)	Поверхности центровых отверстий и фрезерованного торца заготовки
3	Обтачивание заготовки с другой стороны (черновое)	Поверхности центровых отверстий и другого фрезерованного торца заготовки
4...4a	Обтачивание обеих сторон (чистовое)	То же, что на операциях 2 и 3
5	Фрезерование шпоночной канавки	Поверхности шеек и торца одной ступени
6	Зубофрезерование крайнего венца	Поверхности центровых отверстий
7	Зубофрезерование среднего большого венца	Поверхности центровых отверстий
8	Зубодолбление малого венца	Поверхности центровых отверстий
9	Закругление зубьев крайнего венца	Поверхности центровых отверстий
10	Закругление зубьев среднего большого венца	Поверхности центровых отверстий
11	Шевингование крайнего венца	Поверхности центровых отверстий

№ операции	Операция	База
12	Шевингование среднего венца	Поверхности центровых отверстий
13	Шевингование венца с другой стороны вала	Поверхности центровых отверстий
14	Моечная и термическая	Поверхности центровых отверстий
15	Шлифование ступеней с одной стороны	Поверхности центровых отверстий
16	Шлифование ступеней с другой стороны	Поверхности центровых отверстий
17...20	Притирка венцов по одному в каждой операции	Поверхности центровых отверстий
21	Промывочная и контрольная	Поверхности центровых отверстий

Примечание:

Из сравнения маршрутов обработки зубчатых колес можно видеть следующие общие технологические решения при их изготовлении.

1. Технологический процесс зависит не только от технических условий, степени точности, но и от конструктивных особенностей колес и серийного выпуска.
2. Перед нарезанием зубьев с базированием на торец всегда надо обеспечить малое (в зависимости от степени точности) биение торца по отношению к оси отверстия, что достигается разными путями в разных маршрутах.
3. Для уменьшения деформирования зубьев необходимо вводить стабилизирующий отпуск.
4. Для заготовок зубчатых колес, зубья которых не шлифуют после термической обработки (7-я степень точности), следует до термической обработки обеспечить более высокую степень точности (на одну степень точнее) с помощью шевингования, имея в виду, что заготовка зубчатого колеса коробится при термической обработке и уменьшается точность при цементации и закалке.
5. При изготовлении колес со шлифованными зубьями перед зубошлифованием необходимо выправить шлифованием базовые поверхности (торец и отверстие для плоских колес или центровые отверстия для колес-валов).
6. Для изготовления колес 5...6-й степени точности подбирают оборудование высокого или особо высокого класса точности.

Размерный анализ и решение подетальных и сборочных размерных цепей

1. Размерный анализ

К числу факторов, обуславливающих качество работы и долговечность любой машины, относятся взаимная связь и правильное взаимодействие узлов и отдельных деталей, составляющих машину.

Чтобы достигнуть этого требования необходимо обеспечивать в конструкциях машин и механизмов некоторые размерные параметры (например, зазоры, натяги и т.д.).

Когда говорим о технологичности конструкции, то имеем в виду технологическую обработку чертежей, которая может включать в себя: исправление формы деталей, переработку заданных в чертеже размеров и допусков и другие вопросы.

В настоящее время при технологической обработке чертежей чаще всего приходится касаться той ее части, которая связана с уточнением линейных размеров, допусков и их отклонений, устанавливаемых, главным образом, на основе анализа размерных связей.

Развитие машиностроения, его растущие потребности способствовали развитию размерных расчетов. В настоящее время размерные расчеты представляют собой науку, охватывающую широкий круг вопросов. Эти вопросы делят на следующие категории:

1. Размерный анализ, т.е. выявление размерных связей и последующую их фиксацию.
2. Собственно размерные расчеты с применением соответствующих методов и способов расчета.

Каждая машина, узел или деталь от замысла конструктора до изготовления в металле проходят два этапа:

1. Первый этап составляет работа конструкторского бюро, создающего размерно-точностную характеристику готовой детали.
2. Второй этап – работа технологического бюро, устанавливающего размеры, допуски и отклонения для детали во всех стадиях ее изготовления.

В основе работы по размерной обработке любой детали, механизма или машины на обоих этапах лежит анализ размерных связей, который называют обычно размерным анализом.

Существуют три вида (категории) размерного анализа:

1. Размерный анализ механизма.
2. Размерный анализ детали.
3. Размерный анализ технологического процесса.

Понятие о размерных цепях

Основные термины, определения и обозначения определены ГОСТом 16319-70 “Цепи размерные”, который в обязательном порядке введен с 01.07.1971г.

ГОСТ дает следующее определение размерной цепи:

Размерная цепь – совокупность размеров, образующих замкнутый контур и непосредственно участвующих в решении поставленной задачи.

Каждая размерная цепь обозначается прописной буквой русского алфавита (например, А, Б, ..., Я).

Размерные цепи, определяющие относительные повороты поверхностей, обозначаются строчной буквой греческого алфавита (кроме букв $\alpha, \delta, \varepsilon, \lambda, \omega$).

Для иллюстрации понятия “размерная цепь” рассмотрим эскиз ступенчатого валика, на котором проставлены линейные размеры (рис. П 8.1) между торцевыми поверхностями детали.

В данном примере под линейными размерами будем понимать их номинальные значения. Из чисто геометрической зависимости размерных связей этой детали можно записать такое равенство:

$$A_1 + A_2 + A_3 = A_4,$$

или

$$A_1 + A_2 + A_3 - A_4 = 0. \quad (1)$$

Каждый из размеров, образующих размерную цепь, называется звеном размерной цепи.

В форме размерной цепи можно выразить совокупность не только размеров длины, но любых величин, составляющих замкнутый контур.

По расположению звеньев, цепи бывают плоские и пространственные.

Плоская размерная цепь – это цепь, звенья которой расположены в одной или нескольких параллельных плоскостях.

Пространственная размерная цепь – это цепь, звенья которой расположены в непараллельных плоскостях.

Если звеньями размерной цепи являются линейные размеры, то такая размерная цепь называется линейной. Если же звеньями являются угловые размеры, то – угловой размерной цепью.

В частном случае звенья линейной размерной цепи могут быть параллельны.

Для цепей размерного анализа используются, почти исключительно, плоские размерные цепи и преимущественно линейные цепи с параллельными звеньями.

Равенство (1) выражает размерную связь между номинальными размерами детали и носит название управления номиналов. Рассматривая его, можно заметить, что оно включает в себя звенья, составляющие замкнутый контур, т.е. является размерной цепью чертежных (номинальных) размеров валика. Это уравнение составлено по определенному закону, а именно: все звенья, идущие слева направо ($A_1 - A_2 - A_3$), входят в него со знаком плюс, а звено A_4 , идущее в обратном направлении, со знаком минус. Следовательно, алгебраическая сумма звеньев размерной цепи равна нулю. Равенство (1) является аналити-

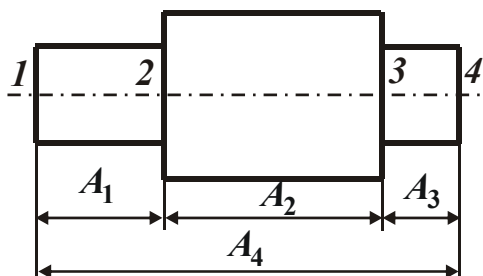


Рис. П8.1. Эскиз ступенчатого валика.

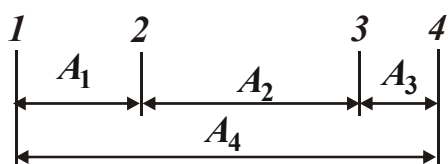


Рис. П8.2. Схема размерной цепи.

ческим выражением размерной цепи. Если все торцевые поверхности (1–4) изобразить вертикальными линиями и поставить между ними размеры детали, то получим графическое изображение той же размерной цепи или, как говорят, схему размерной цепи (рис. П 8.2).

Как уже говорилось выше, уравнение номиналов применимо к неизменным, постоянным величинам – таковыми являются и номинальные размеры деталей. В реальном же механизме или отдельно взятой детали размеры являются переменными величинами, меняющими свое значение в пределах поля допуска. Отсюда вытекает основное отличие реальной размерной цепи от цепи, выражающей размерную связь между постоянными величинами, в которой все звенья равноправны между собой и любое из них может рассматриваться как вектор-сумма. В реальной же размерной цепи один из формирующих ее размеров является результатом непосредственного выполнения остальных размеров и, следовательно, воспринимает на себя неточности их выполнения, поэтому он должен рассматриваться как вектор-сумма.

Виды звеньев размерных цепей

Рассмотрим несколько простейших реальных соединений деталей: отверстия с валом, шипа с пазом и шпонки с валом (рис. П 8.3).

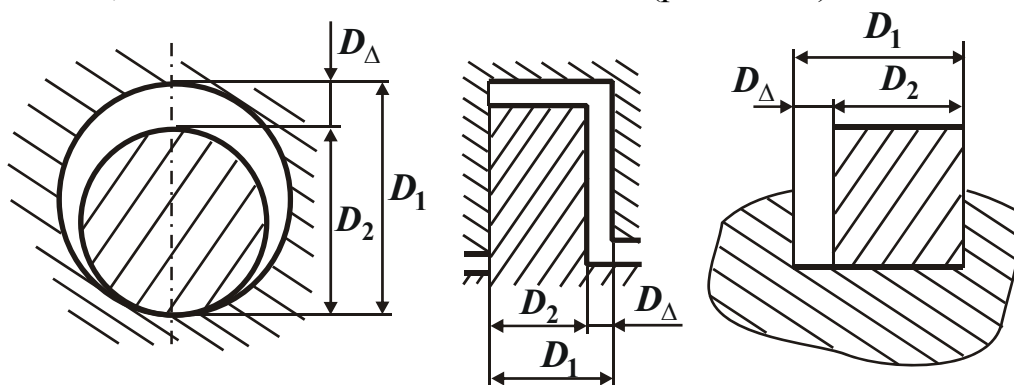


Рис. П8.3. Примеры сопряжения.

Поскольку эти соединения составлены реальными деталями, размеры которых являются случайными величинами, изменяющимися в пределах установленных допусков на их изготовление – все они будут иметь те или иные разные по величине зазоры (или натяги).

Выявляя размерные связи, мы видим, что во всех трех случаях они одинаковы, определяются размерами D_1 и D_2 и при составлении размерной цепи не создают замкнутого контура. Размерная же связь может быть зафиксирована в виде размерной цепи только тогда, когда размеры составляют замкнутый контур. В нашем примере получить замкнутый контур во всех трех случаях возможно только при включении в цепочку размеров значения величины зазора, обозначенного D_Δ . В этом случае уравнение реальной размерной цепи для всех трех случаев будет выглядеть одинаково:

$$D_1 - D_2 - D_\Delta = 0. \quad (2)$$

Если рассмотреть звенья цепи, то легко заметить, что характер их неодинаков. Действительно, звенья D_1 и D_2 – это размеры деталей, непосредственно выполняемые при их изготовлении, а звено D_{Δ} получается в размерной цепи последним в результате выполнения этих звеньев. Это последнее звено называется замыкающим. ГОСТ 16319-70 дает следующее определение. Замыкающим звеном называют звено, получаемое в размерной цепи последним в результате решения поставленной задачи, в том числе при изготовлении и измерении.

Замыкающее звено обозначается той же буквой русского алфавита или греческого алфавита, как и размерная цепь, замыкающим звеном которой оно является, приобретая индекс греческой буквы “ Δ ” (например, A_{Δ} , D_{Δ} и т.д.).

Для решения размерной цепи, ее расчета, уравнение (2) представляют в форме уравнения замыкающего звена, вынося последнее за знак равенства, т.е.:

$$D_{\Delta} = D_1 - D_2. \quad (3)$$

Когда уравнение размерной цепи представлено в форме (3), то в правой части всегда находятся только непосредственно выполняемые звенья, причем могут входить в нее со знаком плюс или минус, поэтому часто их называют положительными или отрицательными звеньями соответственно.

Легко заметить, что изменение величины этих звеньев будет вызывать соответствующие изменения замыкающего звена.

Все непосредственно выполняемые звенья правой части любой размерной цепи носят общее название составляющих звеньев. ГОСТ дает следующее определение:

составляющее звено – такое звено размерной цепи, изменение которого вызывает изменение исходного или замыкающего звена.

Следует отметить, что в ГОСТе есть понятие – исходное звено, под которым принимается звено, возникающее в результате постановки задачи при проектировании, для решения которой используется размерная цепь.

Например, при проектировании какого-то механизма конструктор оговорил обязательное получение зазора в тех или иных пределах. Для обеспечения этого требования конструктор решает сборочную размерную цепь, назначая допуски составляющих звеньев, исходя из величины колебания зазора. В этом случае зазор является исходным звеном. По смыслу задачи исходное звено в практической работе всегда получается последним, поэтому в соответствующих размерных цепях оно всегда является замыкающим звеном.

Отражая это обстоятельство, ГОСТ вводит термин – исходное замыкающее звено, под которым понимается размер, непосредственно связывающий поверхности или оси, относительные расстояния или поворот которых необходимо обеспечить или определить в поставленной задаче.

Влияние изменений составляющих звеньев на замыкающее, о чем говорилось выше, зависит от знака звена, поэтому все составляющие звенья ГОСТ делит на увеличивающие и уменьшающие.

Увеличивающее звено – это звено размерной цепи, с увеличением которого увеличивается исходное или замыкающее звено.

Уменьшающее звено – это звено размерной цепи, с увеличением которо-

го уменьшается исходное или замыкающее звено.

Увеличивающие звенья всегда входят в размерную цепь со знаком плюс, а уменьшающие – со знаком минус.

Из схемы любой размерной цепи видно, что увеличивающие звенья имеют направление, противоположное направлению замыкающего звена, а уменьшающие – совпадают с ним. Пользуясь указанными свойствами звеньев, уравнение замыкающего звена можно составлять непосредственно по схеме размерной цепи, не записывая уравнения цепи.

Составляющее звено обозначается той же буквой русского или греческого алфавита как и размерная цепь, в которую он входит, приобретая индекс порядкового номера в ней (например, A_1, B_3, B_6 и т.д.). Иногда увеличивающее звено обозначают $\vec{A}_2$, а уменьшающее $\vec{A}_3$.

Исходное и исходное замыкающее звено обозначают аналогично обозначению замыкающего звена.

Из рассмотрения уравнений номиналов (1) и реальной размерной цепи (2), представленных в виде алгебраической суммы звеньев, равной нулю, вытекает правило составления уравнения размерной цепи, которое говорит, что для составления уравнений размерной цепи в виде алгебраической суммы ее звеньев, равной нулю, следует принять одну из поверхностей детали за исходную и, идя от размера к размеру слева направо или наоборот, обойти замкнутый контур цепи, принимая звенья, идущие в одном направлении со знаком плюс или минус, а идущие в обратном направлении – с противоположным знаком, и алгебраическую сумму их приравнять нулю.

Для получения уравнения размерной цепи в форме уравнения замыкающего звена ГОСТ рекомендует следующее правило: начиная от одной из поверхностей (осей), ограничивающих исходное звено, находят составляющие звенья размерной цепи, непосредственно участвующие в решении поставленной задачи, и доходят до второй поверхности (оси), ограничивающей исходное звено.

Виды размерных цепей

Выше уже говорилось, что по расположению звеньев цепи бывают плоские, пространственные, линейные и угловые. Существуют еще ряд определений размерных цепей, предусматриваемых ГОСТом:

Конструкторская размерная цепь – это цепь, с помощью которой решается задача обеспечения точности при конструировании изделий.

Технологическая размерная цепь – это цепь, с помощью которой решается задача обеспечения точности при изготовлении деталей.

Измерительная размерная цепь – это цепь, при помощи которой решается задача измерения величин, характеризующих точность изделия.

Параллельно связанные размерные цепи – это цепи, имеющие не менее одного общего звена (рис. П8.4).

Параллельно связанные цепи, как это видно из предыдущего определения, имеют общие звенья. Общим звеном называют звено, одновременно при-

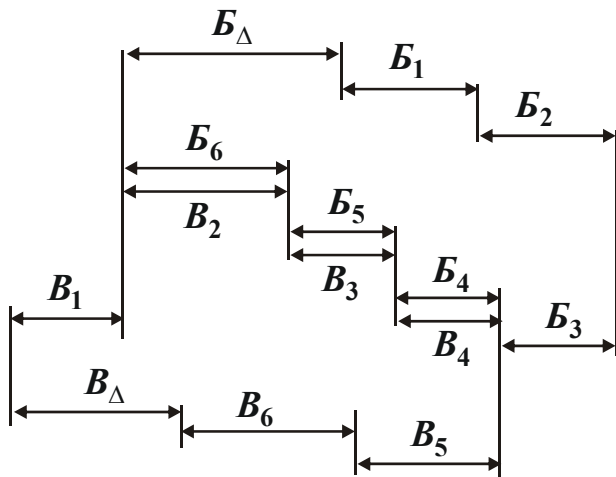


Рис. П8.4. Параллельно связанные цепи.

надлежащее нескольким размерным цепям. Общее звено обозначается одновременно буквами всех размерных цепей, в состав которых входит общее звено, со знаком равенства между ними. Из предыдущей схемы такими звеньями будут:

$$B_6 = B_2; \quad B_5 = B_3; \quad B_4 = B_4.$$

Последовательно связанные размерные цепи – это размерные цепи, имеющие одну общую базу (рис. П8.5).

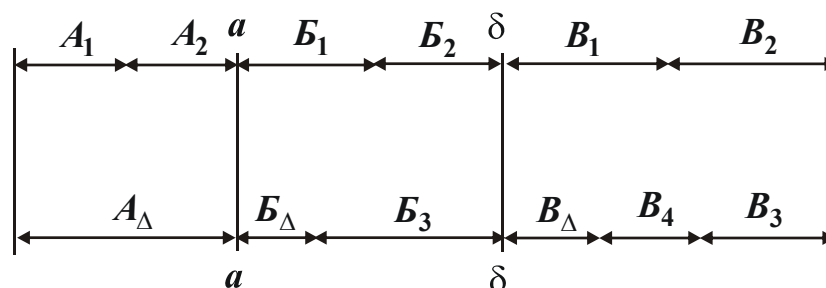


Рис. П8.5. Последовательно связанные размерные цепи.

Комбинированно связанные размерные цепи – это размерные цепи, имеющие общие звенья и базы (рис. П8.6).

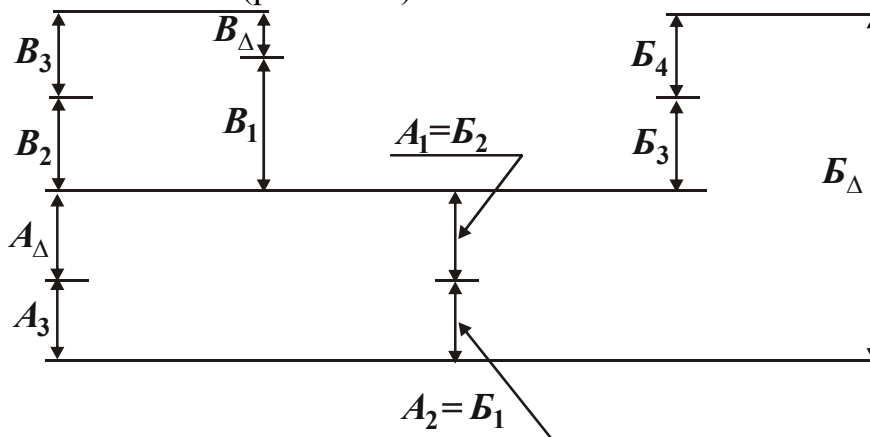


Рис. П8.6. Комбинированно связанные размерные цепи.

Все виды этих цепей обозначаются аналогично сказанному выше. Поскольку все звенья – составляющие и замыкающие – колеблются в пределах допуска от минимального до максимального значений, определяемых в соответствии с ГОСТ 7713-62, принято обозначать:

- наибольший предельный размер любого звена соответствующим обозначением звена с добавлением индекса “max”, например, A_1^{max} , B_1^{max} и т.д.;
- наименьший предельный размер любого звена соответствующим обозначением звена с добавлением индекса “min”, например, A_1^{min} , B_1^{min} и т.д.

Обозначение отклонений, погрешностей и допусков в размерных цепях

ГОСТом приняты следующие обозначения для:

- 1) номинального размера – обозначение, аналогичное обозначению любого звена;
- 2) действительного размера – то же с добавлением индекса q , понимая под действительным размером размер, полученный в результате выполнения технологического размера;
- 3) измерительного размера – то же с добавлением индекса u , понимая под измерительным размером действительный размер, познанный в результате измерения с погрешностью.

Отклонения от номинального размера (по ГОСТ 7713-62) обозначаются:

верхнее предельное отклонение – Δ_B

нижнее предельное отклонение – Δ_H

и указаны на нижеследующей схеме (рис. П8.7).

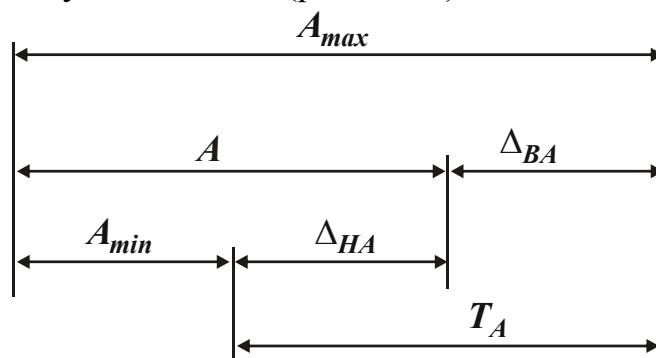


Рис. П8.7. Схема расположения допуска: A – номинальный размер.

Допуск (по ГОСТ 7713-62) обозначался греческой буквой δ . Однако, с 1/1-76г. Вступил в силу стандарт СЭВ “СТ145-75” по допускам и посадкам, по которому допуск обозначается символом “Т”. Тем же ГОСТом предусматривается обозначение и определение термина “поле допуска” (рис. П8.8).

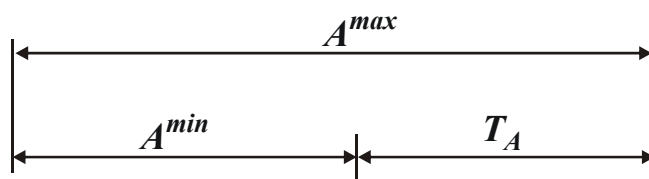


Рис. П8.8. Схема расположения допуска.

В размерных расчетах часто требуется знать координату середины поля допуска, поэтому ГОСТ на размерные цепи дает следующее определение этого термина.

Координатой середины поля допуска называется расстояние середины поля допуска от номинального размера и обозначается она символом Δ_{OA} (рис. П8.9).

Координата середины поля допуска любого звена определяется по

формуле

$$\Delta_{OA} = \frac{\Delta_{BA_i} + \Delta_{HA_i}}{2}, \quad (4)$$

причем учитываются знаки отклонений. Следовательно, координата середины поля допуска любого звена определяется как полусумма верхнего и нижнего отклонений этого звена.

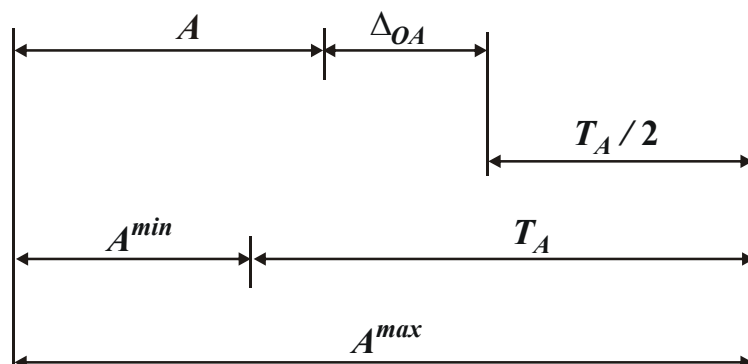


Рис. П8.9. Схема для определения координаты середины поля допуска.

Координату середины поля допуска можно определять и по другой формуле:

$$\Delta_{OA} = \frac{A_{max} + A_{min}}{2} - A. \quad (4a)$$

Пример 1: определить координату середины поля допуска звена $40^{+0,4}_{+0,2}$.

Определяем по формуле (4):

$$\Delta_{OA} = \frac{+0,4 + 0,2}{2} = +0,3,$$

а по формуле (4a) получим тот же результат:

$$\Delta_{OA} = \frac{40,4 + 40,2}{2} - 40 = +0,3.$$

Пример 2: определить координату середины поля допуска звена $40^{+0,5}_{-0,1}$.

Определяем по формуле (4):

$$\Delta_{OA} = \frac{+0,5 + (-0,1)}{2} = +0,2,$$

а по формуле (4a) получим:

$$\Delta_{OA} = \frac{+40,5 + 39,9}{2} - 40 = +0,2.$$

Пример 3: определить координату середины поля допуска звена $40^{+0,6}$.

Определяем по формуле (4):

$$\Delta_{OA} = \frac{+0 + (-0,1)}{2} = +0,2,$$

а по формуле (4a) получим:

$$\Delta_{OA} = 40,3 - 40 = +0,3.$$

Пример 4: определить координату середины поля допуска звена $40_{-0,8}^{-0,2}$.

Определяем по формуле (4):

$$\Delta_{OA} = \frac{-0,2 + (-0,8)}{2} = -0,5,$$

а по формуле (4а) получим:

$$\Delta_{OA} = \frac{+39,8 + 39,2}{2} - 40 = -0,5.$$

Координата Δ_0 является по существу средним отклонением от номинального размера.

В тех же расчетных целях используются еще следующие величины:

– поле рассеивания – это разность между наибольшим и наименьшим измеренными размерами в партии изделий, которое обозначается греческой буквой “ ω ” (рис. П8.10);

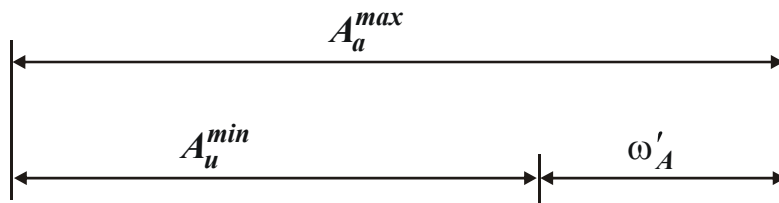


Рис. П8.10. Схема определения поля рассеивания.

– координата середины поля рассеивания – это расстояние середины поля рассеивания от номинального размера, обозначаемое индексом “ Δ_ω ” (рис. П8.11).

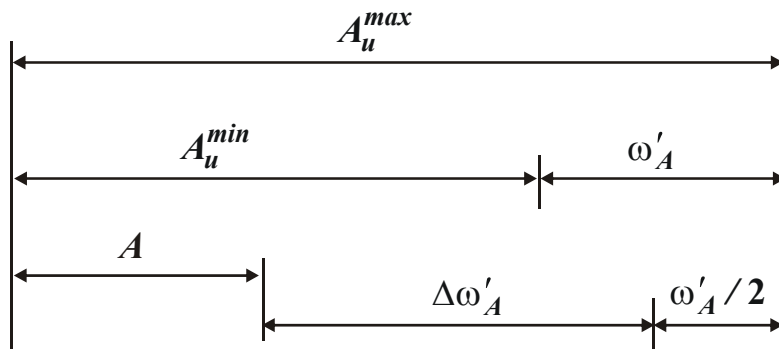


Рис. П8.11. Схема определения координаты середины поля рассеивания.

Аналогично предыдущему, координата середины поля рассеивания может быть определена по формуле:

$$\Delta_\omega = \frac{A_u^{max} + A_u^{min}}{2} - A.$$

Координата центра группирования – это среднее значение отклонений от номинального размера, обозначаемое индексом “M(1)”, рис. П8.12.

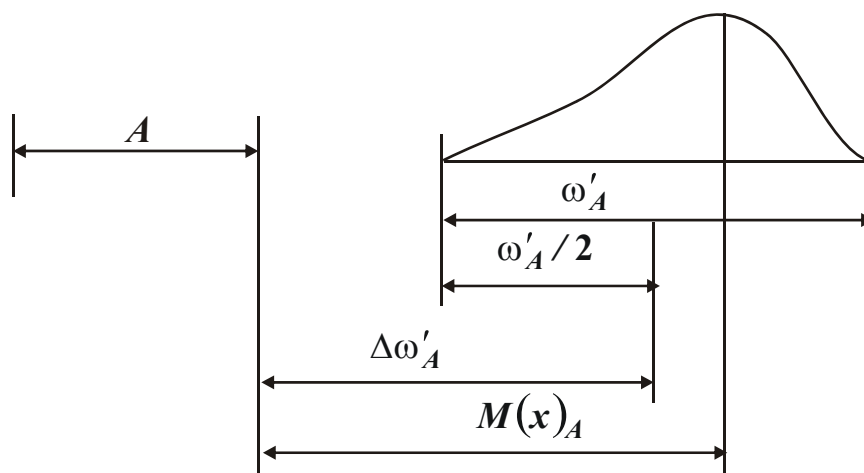


Рис. П8.12. Схема определения координаты центра группирования.

2. Методы расчета плоских цепей

Стандарт устанавливает методы расчета плоских цепей. ГОСТ 16320-70 с использованием различных методов достижения точности введен в действие с 1/УП-1971г.

Размерные цепи используются для решения прямой и обратной задачи.

Прямой задачей называется такая задача, при которой, исходя из установленных требований к величине исходного звена определяются номинальные размеры, величины и координаты середин полей допусков и предельные отклонения всех составляющих размерную цепь звеньев.

Обратной задачей называется такая задача, при которой, исходя из установленных величин составляющих звеньев, определяются: величина номинального размера, величина и координата середины поля рассеивания и предельные отклонения замыкающего звена. Решением обратной задачи проверяют также правильность решения прямой задачи.

В зависимости от требуемой точности и масштабов производства применяются следующие методы расчета размерных цепей:

- метод максимума – минимума;
- вероятностный метод;
- метод групповой взаимозаменяемости;
- метод пригонки;
- метод регулирования.

Последние три метода характеризуются сочетанием методов расчета с выбором, подбором или изменением величин составляющих звеньев при сборке изделия.

Под методом расчета размерных цепей на максимум – минимум понимается метод, учитывающий только предельные отклонения звеньев размерной цепи.

Под вероятностным методом расчета размерных цепей понимается метод, учитывающий явление рассеивания и вероятность различных сочетаний отклонений составляющих звеньев.

В размерных цепях, в которых должна быть установлена 100%-я взаимо-

заменяемость, допуски рассчитываются по методу максимум – минимум.

Размерные цепи, в которых по условиям производства экономически целесообразно назначать более широкие допуски на составляющие звенья размерных цепей, допуская при этом у некоторой небольшой части изделия выход размеров замыкающих звеньев за пределы поля допуска, должны рассчитываться вероятным методом. В связи с этим ГОСТ использует понятие коэффициента риска, обозначаемого буквой t , под которым понимается коэффициент, характеризующий процент выхода P расчетных отклонений за пределы допуска.

При решении как прямой, так и обратной задачи, прежде всего, определяются номинальные размеры звеньев. Ранее мы уже встречались с уравнением номиналов (1), которое выражает размерную связь между номинальными размерами детали для частного случая плоской размерной цепи, составленной параллельными звеньями.

В общем случае (по ГОСТ 16320-70) зависимость между номинальными размерами замыкающего (исходного) звена и составляющих звеньев определяется следующей формулой:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \varepsilon_i A_i,$$

где A_{Δ} и A_i – номинальные размеры замыкающего и i -того составляющего звеньев размерной цепи A ; m – число звеньев размерной цепи, включая замыкающее; ε_i – передаточное отношение i -того составляющего звена; $\sum$ – символ суммы номинальных значений составляющих звеньев; $i=1,2,3,\dots, m$ – порядковый номер звена.

Под передаточным отношением понимается коэффициент, характеризующий влияние погрешности составляющего звена на замыкающее. Обозначается оно греческой буквой ε .

Передаточное отношение называют иногда коэффициентом приведения или коэффициентом влияния.

Плоские цепи могут рассчитываться теми же методами, что и цепи с параллельными звеньями, однако для этого их необходимо привести к этому виду путем умножения значений звеньев на передаточное отношение, рис. П8.13.

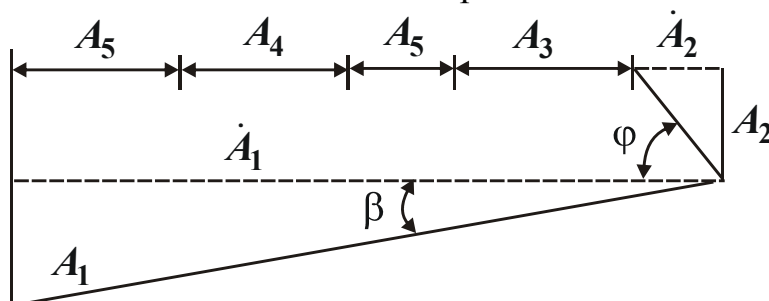


Рис. П8.13. Плоская цепь.

Эта плоская цепь приводится к следующему виду путем проектирования составляющих звеньев на направление замыкающего звена:

$$A_{\Delta} = A_1 \cdot \cos \beta - A_2 \cdot \cos(\varphi - \beta) - A_3 - A_4 - A_5.$$

Соответствующие передаточные отношения для звеньев A_1 и A_2 будут:

$$\varepsilon_1 = \cos \beta \quad \text{и} \quad \varepsilon_2 = \cos(\varphi - \beta).$$

Для цепей с непараллельными звеньями передаточные отношения изменяются в пределах:

$D \leq \varepsilon_i \leq 1$ – для увеличивающих составляющих звеньев;

$-1 \leq \varepsilon_i \leq 0$ – для уменьшающих составляющих звеньев.

Для плоских линейных цепей с параллельными звеньями передаточные отношения равны:

$\varepsilon_i = +1$ – для увеличивающих составляющих звеньев

$\varepsilon_i = -1$ – для уменьшающих составляющих звеньев.

Следовательно, уравнение в этом случае будет иметь вид:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^g \bar{A}_i - \sum_{g+1}^{m-1} \bar{A}_i,$$

где g – число увеличивающих звеньев.

Задачи, стоящие при расчете размерных цепей, совершенно одинаковы независимо от применяемого метода расчета и сводится к определению:

- 1) номинальных значений тех или иных звеньев;
- 2) допусков замыкающего или составляющих звеньев;
- 3) верхних и нижних отклонений этих звеньев.

Метод расчета на максимум – минимум

Как уже упоминалось выше, этот метод, учитывающий только предельные отклонения звеньев, может применяться в мелкосерийном и индивидуальном производстве, а также для изделий, у которых должна быть обеспечена 100%-ная (полная) взаимозаменяемость. В основном он используется для решения малозвенных цепей.

Зависимости, определяющие связь между допусками и отклонениями замыкающего и составляющих звеньев, вытекают из существа самого метода.

Действительно, максимальное и минимальное значения замыкающего звена для плоской цепи с параллельными звеньями могут быть выражены через соответствующие предельные значения составляющих звеньев следующими равенствами (применительно к размерной цепи (рис. 3.7)):

$$D_{\Delta}^{max} = D_1^{max} - D_2^{min},$$

$$D_{\Delta}^{min} = D_1^{min} - D_2^{max}.$$

Вычитая одно из другого, получим:

$$D_{\Delta}^{max} - D_{\Delta}^{min} = (D_1^{max} - D_1^{min}) + (D_2^{max} - D_2^{min}).$$

Каждый из этих двучленов представляет допуск соответствующих звеньев и последнее равенство можно записать в следующем виде:

$$E_{D_{\Delta}} = T_{D1} + T_{D2}.$$

Если бы число звеньев размерной цепи было больше, то правая часть равенства включала бы в себя дополнительные слагаемые, каждое из которых являлось

бы допуском соответствующего нового звена (например, T_{D3} , T_{D4} и т.д.).

Отсюда вытекает правило, которое носит название “правила сложения допусков” и формулируется так: допуск замыкающего (исходного) звена размерной цепи равен сумме допусков соответствующих звеньев.

Для плоской линейной цепи с параллельными звеньями это правило записывается в следующем виде:

$$T_{A\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} T_{Ai} , \quad (5)$$

а в общем виде для плоской размерной цепи:

$$T_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} |\varepsilon_i| \cdot T_{Ai} . \quad (6)$$

Здесь $T_{A\Delta}$ – допуск замыкающего (исходного) звена; T_{Ai} – допуск i -того составляющего звена.

Прямые скобки при передаточном отношении показывают, что берется его абсолютное значение без учета знака.

Соответственно формуле (6) поле рассеивания замыкающего звена будет выражаться формулой:

$$\omega_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} |\varepsilon_i| \cdot \omega_i ,$$

где ω – поле рассеивания i -того составляющего звена.

Путем аналогичных рассуждений можно получить зависимости и для определения предельных отклонений замыкающего звена через определенные отклонения составляющих звеньев плоскости размерной цепи с параллельными звеньями. Эти равенства будут следующими:

$$\begin{aligned} \Delta_{BA\Delta} &= \sum_{i=1}^g \Delta_{B\bar{A}_i} - \sum_{g+1}^{m-1} \Delta_{H\bar{A}_i} , \\ \Delta_{HA\Delta} &= \sum_{i=1}^g \Delta_{H\bar{A}_i} - \sum_{g+1}^{m-1} \Delta_{B\bar{A}_i} . \end{aligned}$$

Здесь $\Delta_{HA\Delta}$ и $\Delta_{BA\Delta}$ – соответственно верхнее и нижнее предельные отклонения замыкающего (исходного) звена размерной цепи A_{Δ} ; $\Delta_{B\bar{A}_i}$ и $\Delta_{H\bar{A}_i}$ – соответственно верхние и нижние отклонения составляющих, увеличивающих звеньев (от 1 до g), а $\Delta_{B\bar{A}_i}$ и $\Delta_{H\bar{A}_i}$ – уменьшающих (от $g+1$ до $m-1$) звеньев.

Из приведенных формул вытекает правила для нахождения верхнего и нижнего отклонений замыкающего звена через соответствующие отклонения увеличивающих и уменьшающих звеньев размерной цепи:

1. верхнее отклонение замыкающего звена размерной цепи сумме верхних отклонений увеличивающих без суммы нижних отклонений уменьшающих звеньев;

2. нижнее отклонение замыкающего звена размерной цепи равняется сумме нижних отклонений увеличивающих без суммы верхних отклонений уменьшающих звеньев.

Однако в ГОСТе эти зависимости не приводятся. ГОСТ определяет отклонения по координатам середины полей допусков составляющих звеньев, т.е. по средним отклонениям этих звеньев, хотя при расчете на максимум и минимум, когда не известны координаты средин допусков, целесообразно использовать вышеприведенные формулы, так как расчет отклонения упрощаются.

Формулы, даваемые в ГОСТом для определения верхних и нижних предельных отклонений замыкающего звена размерной цепи, имеют вид:

$$\Delta_{BA} = \Delta_{oA} + \frac{T_{AA}}{2};$$

$$\Delta_{HA_A} = \Delta_{oA} - \frac{T_{AA}}{2},$$

где Δ_{oA} - координата середины поля допуска замыкающего звена.

И аналогично для отклонений каждого i -го составляющего звена

$$\Delta_{BA_i} = \Delta_{oi} - \frac{T_{Ai}}{2},$$

$$\Delta_{HA_i} = \Delta_{oi} - \frac{T_{Ai}}{2},$$

где Δ_{AO_i} - координата середины поля допуска i -го составляющего звена.

Из формулы (7 и 8) видим, что верхнее и нижнее отклонения замыкающего (составляющего) звена равна координате середины поля допуска замыкающего (составляющего) звена плюс или минус половина его допуска соответственно.

Формулы (7 и 8) используются при любом методе расчета размерных цепей и на “max–min” и вероятным методом. Однако значения допуска и координаты середины поля допуска определяется для каждого метода расчета по своим формулам.

В случае применения метода расчета на максимум – минимум при решении плоских размерных цепей в общем случае используются:

1. для определения допуска замыкающего звена – формула (8);
2. для определения координаты середины поля допуска замыкающего звена – формула

$$\Delta_{OA_A} = \sum_{i=1}^{m-1} \varepsilon_i \cdot \Delta_{OA_i}. \quad (9)$$

Найденные по формуле (6) значение допуска и по формуле (9) значение координаты середины поля допуска замыкающего звена подставляются в выражения (7), по которым и рассчитывают верхнее и нижнее предельные отклонения замыкающего звена размерной цепи.

Резюмируя изложенное, видим, что при решении плоских размерных цепей (в общем случае) методом расчета на максимум – минимум используются пять равенств, которые называют расчетными равенствами.

Для размерной цепи они будут:

1 – уравнение номиналов:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \varepsilon_i \cdot A_i ;$$

2 – правило сложения допусков:

$$T_{A\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} |\varepsilon_i| \cdot T_{Ai} ;$$

3 – для нахождения верхнего предельного отклонения замыкающего звена:

$$\Delta_{BA\Delta} = \Delta_{OA\Delta} + \frac{T_{A\Delta}}{2} ;$$

4 – для нахождения нижнего предельного отклонения замыкающего звена:

$$\Delta_{HA\Delta} = \Delta_{OA\Delta} - \frac{T_{A\Delta}}{2} ;$$

5 – для определения координаты середины поля допуска любого звена по отклонениям:

$$\Delta_{OA_i} = \frac{\Delta_{BA_i} + \Delta_{HA_i}}{2} \quad (\Delta_{BA_i} \text{ и } \Delta_{HA_i} \text{ со своими знаками}).$$

При решении плоских размерных цепей с параллельными звеньями (передаточные отношения $\varepsilon = \pm 1$) первые две формулы упрощаются:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^g \vec{A}_i - \sum_{g+1}^{m-1} \vec{A}_i ,$$

$$T_{A\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} T_{Ai} .$$

В последних двух – координата середины поля допуска замыкающего звена, входящая в них, примет вид (вместо равенства (9)):

$$\Delta_{OA\Delta} = \sum_{i=1}^g \Delta_{OA_i} - \sum_{g+1}^{m-1} \Delta_{OA_i} ,$$

Из формулы (9) определяется координата середины поля допуска составляющего звена (в общем виде) для любой плоской размерной цепи:

$$\Delta_{Oj} = \frac{1}{\varepsilon_j} \cdot (\Delta_{O\Delta} - \sum_{i=1}^{j-1} \varepsilon_i \Delta_{\vec{O}_i} - \sum_{j+1}^{m-1} \varepsilon_i \Delta_{\vec{O}_i} ,$$

где $j = 1, 2, \dots, (m-1)$ – порядковый номер составляющего звена, для которого определяется координата середины поля допуска, а координата середины поля рассеивания составляющего звена (тоже в общем виде) будет равна:

$$\Delta_{wj} = \frac{1}{\varepsilon_j} \cdot (\Delta_{w\Delta} - \sum_{i=1}^{j-1} \varepsilon_i \Delta_{\vec{w}_i} - \sum_{j+1}^{m-1} \varepsilon_i \Delta_{\vec{w}_i} .$$

3. Виды размерных цепей

Выше уже упоминалось, что каждой категории размерного анализа соответствует определенный вид размерных цепей. Рассмотрим их подробнее (простые, пространственные, линейные, угловые).

Подетальные размерные цепи

При конструировании любой машины или механизма конструктору приходится вначале разрабатывать общие виды всей машины и отдельных ее узлов, а затем чертежи отдельных деталей. Чертеж какой-либо отдельной детали конструктор создает, пользуясь общим видом и масштабом, который был принят при конструировании этого вида, при этом он легко определяет все номинальные линейные размеры детали. Они должны составлять замкнутые контуры, каждый из которых является соответствующей размерной цепью – уравнением номиналов. Решая вопрос о точности, которую должен получить каждый размер той или иной цепи, чтобы эта цепь удовлетворяла конструкции – конструктор, руководствуясь сборочным чертежом, устанавливает какой из размеров де-

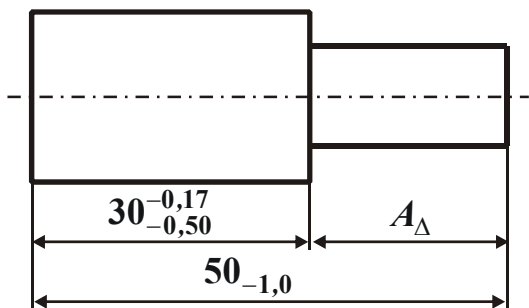


Рис. П8.14. Эскиз детали.

тали, как звено той или иной сборочной цепи, в которую он входит, позволяет наиболее широкий допуск. Этот размер и должен быть принят за замыкающее звено подетальной цепи. Только в этом случае все составляющие размеры рассматриваемой цепи могут получить наиболее широкие возможные допуски, удовлетворяющие требованиям конструкции производства.

Рассмотрим пример решения подетальной размерной цепи с применением метода расчета на максимум – минимум (рис. П8.14).

Пример 5. Определить размер A_{Δ} , не указанный на эскизе детали.

Размер, не указанный на чертеже, всегда является замыкающим звеном соответствующей размерной цепи, следовательно, подетальная (конструкторская) размерная цепь будет:

$$A_{\Delta} = (50_{-1,0}) - (30_{-0,17}^{-0,50}),$$

– из уравнения номиналов находим: $A_{\Delta} = 50 - 30 = 20$;

– из правила сложения допусков имеем: $T_{A\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} T_{Ai} = 1,00 + 0,33 = 1,33$;

– координата середины поля допуска:

$$A_{OA\Delta} = \sum_{i=1}^g A_{OA_i} - \sum_{g+1}^{m-1} A_{OA_i} = -0,5 - \frac{0,17 + (-0,50)}{2} = -0,165.$$

Верхнее и нижнее отклонения замыкающего звена:

$$\Delta_{BA\Delta} = \Delta_{OA\Delta} + \frac{T_{A\Delta}}{2} = -0,165 + \frac{1,33}{2} = 0,5;$$

$$\Delta_{HA\Delta} = \Delta_{OA\Delta} - \frac{T_{A\Delta}}{2} = -0,165 - \frac{1,33}{2} = -0,83,$$

следовательно, звено A_{Δ} будет: $A_{\Delta} = 20^{+0,50}_{-0,83}$; проверка: $T_{A\Delta} = 1,33$.

Пример 6. Определить неуказанный размер A_{Δ} детали, приведенной на эскизе, рис. П8.15.

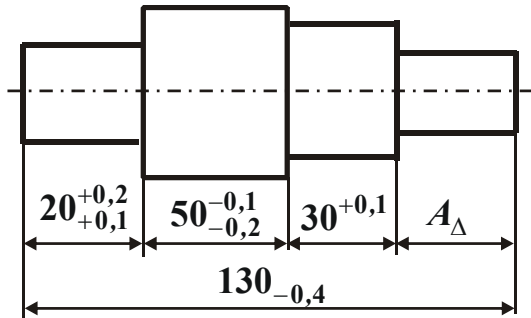


Рис. П8.15. Эскиз детали.

Размерные связи этой детали составляют поддетальную размерную цепь, замыкающим звеном которой будет размер A_{Δ} , неуказанный на эскизе. Размерная цепь примет вид:

$$A_{\Delta} = (130_{-0,4}) - (20^{+0,2}_{+0,1}) - (50^{-0,1}_{-0,2}) - (30^{+0,1}).$$

Из уравнения номиналов имеем: $A_{\Delta} = 130 - 20 - 50 - 30 = 30$.

Для нахождения отклонений определим допуск и координату середины поля допуска замыкающего звена:

$$T_{A\Delta} = 0,4 + 0,1 + 0,1 + 0,1 = 0,7 \quad \text{и} \quad \frac{T_{A\Delta}}{2} = 0,35;$$

$$\Delta_{OA\Delta} = -0,2 - 0,15 + 0,15 - 0,05 = -0,25.$$

Верхнее и нижнее предельные отклонения будут:

$$\Delta_{BA\Delta} = -0,25 + 0,35 = +0,1;$$

$$\Delta_{HA\Delta} = -0,25 - 0,35 = -0,6.$$

Следовательно, звено $A_{\Delta} = 30^{+0,1}_{-0,6}$.

В приведенных примерах мы решили обратную задачу, применяя метод расчета на максимум – минимум.

При определении понятия и категорий размерного анализа был рассмотрен сборочный узел поддерживающего ролика с точки зрения возникающих при конструировании размерных связей. На следующем примере рассмотрим работу конструктора при разработке размерных связей детали 1 этого механизма.

Пример 1. Проставить размер на чертеже крышки поддерживающего ролик (дет.1, рис. П8.16).

Решая эту задачу, конструктор учитывал, что размер A_2 являлся составляющим звеном сбо-

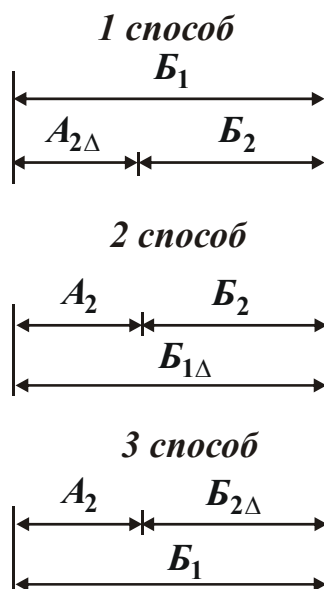
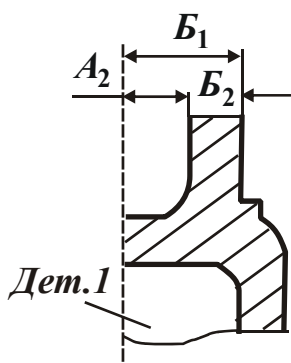


Рис. П8.16. Размерный анализ детали.

рочной цепи ролика, из которой он и определяется. Предположим, что $A_2 = 12_{-0,43}(B_7)$. При любой системе простановки размеров этот размер должен обеспечен при изготовлении детали.

1. Если конструктор задаст размер $B_2 = 15_{-0,12}(B_4)$, то получим размерную цепь $12_{-0,43} = B_1 - (15_{-0,12})$, откуда $B_1 = 27_{-0,43}^{+0,12}$ и $T_{B_1} = 0,31$, что близко к ходовой посадке $X_5 = 27_{-0,42}^{+0,14}$.
2. Во втором случае B_2 можно принять по 5кл. точности, т.е. $B_2 = 15_{-0,24}$, тогда получим размерную цепь $B_{1\Delta} = (12_{-0,43}) + 15(-0,24) = 27_{-0,67}$ и $T_{B_1} = 0,67$, что дает допуск между 7кл. $(-0,52)$ и 8кл. $(-0,84)$.
3. В третьем случае размер $B_1 = 27$, взятый по B_7 , будет $B_1 = 27_{-0,52}$ и размерная цепь получится $B_{2\Delta} = B_1 - A_2 = (27_{-0,52}) - (12_{-0,43}) = 15_{-0,52}^{+0,43}$, то есть 15 будет получаться между 8кл. $(-0,84)$ и 9кл. $(-1,30)$.

Эти расчеты показывают, что следует принять систему простановки размеров по 2-му или 3-му способу, так как в этих случаях допуски на размеры B_1 и B_2 могут быть расширены, чего нельзя сделать в первом случае, так как эти размеры связаны допуском замыкающего звена $A_{2\Delta}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бахтиаров Н.И., Логинов В.Е. Технология обработки прецизионных пар. – М.: Машгиз, 1963. – 286 с.
2. Бура С.Т., Дагаев М.Л., Трошин Е.Ф. Пасты из синтетических алмазов и кубонита при обработке деталей гидроагрегатов шахтного оборудования. – В сб. “Синтетические алмазы”. – К., 1975. – С. 33-35.
3. Ильин М.Г., Бакиров Я.А. Технология изготовления прецизионных деталей гидропривода. – М.: Машиностроение, 1971. – 159 с.
4. Павлючук А.И. К вопросу о влиянии технологических факторов на износостойкость плунжерных пар. – В сб. трудов ЦНИТА, 1972, вып. 55. – С. 24–26.
5. Павлючук А.И. Применение ружейных сверл с твердосплавными головками для обработки отверстий в прецизионных деталях топливной аппаратуры. – В сб. трудов ЦНИТА, 1964, вып. 20. – С. 55–60.
6. Панин Г.И., Фефелов Н.Л. Механизация и автоматизация процессов обработки прецизионных деталей. – Л.: Машиностроение, 1972. – 342 с.
7. Прогрессивные направления изготовления деталей дизельной топливной аппаратуры. Серия “Производство и технология” / Бреслав М.Г., Павлючук А.И., Шеметило Г.Ф., Ярков В.А. – М.: ЦНИИТЭИ Тракторосельхозмаш, 1973. – 54 с.
8. Технологія машино- та двигунобудування: Підручник / О.В. Якимов, Ф.В. Новіков, В.М. Тонконогий, О.О. Якимов, Г.А. Оборский, В.П. Ларшин, Г.В. Новіков, Ю.М. Кривошопка. – Одеса: ОНПУ, 2005. – 720 с.
9. Технологія машино- та приладобудування: Підручник / О.В. Якимов, В.І. Марчук, П.А. Лінчевський, О.О. Якимов, В.П. Ларшин. – Луцьк: Редакційно-видавничий відділ ЛДТУ, 2005. – 712 с.
10. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей редакцией Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т.1. “Механика резания материалов”. – Одесса: ОНПУ, 2002. – 580 с.
11. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей редакцией Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т.4. “Теория абразивной и алмазно-абразивной обработки материалов”. – Одесса: ОНПУ, 2002. – 802 с.
12. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей редакцией Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т.6. “Качество обработки деталей машин”. – Одесса: ОНПУ, 2003. – 716 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
Глава I Особенности обработки точных сопряженных поверхностей деталей аппаратуры	5
I.1. Технические требования, предъявляемые к деталям	5
I.2. Методы обработки сопряженных поверхностей	20
I.3. Термическая обработка стальных точных деталей	37
Глава II Изготовление точных деталей и узлов контрольно - регулирующей и силовой гидроаппаратуры	39
II.1. Обработка деталей командо - аппаратов и исполнительных механизмов механообрабатывающего оборудования	39
II.2. Обработка деталей гидропривода	42
II.3. Обработка деталей гидрооборудования крепей	67
II.4. Обработка деталей для сельскохозяйственного, строительного, дорожного и химического машиностроения	74
II.5. Сборка силовой гидроаппаратуры	88
Глава III Изготовление точных деталей пневмоаппаратуры	90
III.1. Обработка деталей пневмоаппаратуры	90
III.2. Монтаж пневматических приводов и устройств	98
Глава IV Изготовление точных деталей и узлов энергетической аппаратуры и арматуры	100
IV.1. Обработка узлов теплосилового оборудования со средними и высокими параметрами	100
IV.2. Обработка уплотнительных поверхностей деталей энергетической аппаратуры и арматуры	107
IV.3. Сборка и испытание точных узлов	120
Глава V Изготовление точных деталей карбюраторов и бензонасосов	128
V.1. Технологические процессы изготовления точных деталей	128
V.2. Сборка узлов	144
Глава VI Изготовление точных деталей и узлов аппаратуры подачи топлива дизельных двигателей	149
VI.1. Технические условия на изготовление точных деталей	149
VI.2. Обработка точных сопрягающихся пар аппаратуры	152
VI.3. Механическая обработка кулачковых валов и корпусных деталей	177
VI.4. Сборка узлов	181
Глава VII Контроль точных деталей и узлов	185
VII.1. Отклонения формы и расположения поверхностей	185
VII.2. Измерение формы деталей и шероховатости обрабо-	

	таных поверхностей	187
Глава VIII	Промывка, консервация и упаковка деталей аппаратуры	196
	VIII.1. Способы промывки загрязненных поверхностей	196
	VIII.2. Способы консервации и упаковки	200
	VIII.3. Механизация процессов промывки, консервации и упаковки	203
Глава IX	Новые методы изготовления точных деталей аппаратуры	220
	IX.1. Вибрационное сверление отверстий ружейными сверлами	220
	IX.2. Алмазное хонингование отверстий	228
	IX.3. Доводка	233
Глава X	Проектирование технологических процессов и механосбо- рочных цехов для производства точных деталей и узлов аппаратуры	241
	X.1. Типовые технологические процессы изготовления и сборки узлов аппаратуры	242
	X.2. Расчет, выбор оборудования и рабочей силы, ком- поновка механосборочных цехов	244
	X.3. Особенности помещений для прецизионного произ- водства	249
Приложение 1		251
Приложение 2		278
Приложение 3		287
Приложение 4		291
Приложение 5		295
Приложение 6		299
Приложение 7		302
Приложение 8		308
Литература		326

Учебное издание

Александр Васильевич Якимов
Федор Васильевич Новиков
Евгений Всеволодович Грисенко
Василий Петрович Ларшин
Алексей Александрович Якимов
Григорий Васильевич Новиков

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ВЫСОКОТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ ГИДРО- И
ПНЕВМОАППАРАТУРЫ**

Учебное пособие

*Под общей редакцией
проф. А.В. Якимова*

Редактор **Лучнева Т.И.**
Корректор **Мищенко Н.В.**

ISBN 966 – 549 – 817 – 8

Подписано к печати 23.02.2006. Формат 60 84/16.
Бумага белая. Печать – ризография. 20,5 усл. печ. л. 17,1 уч.– изд. л.
Тираж 500 экз. Заказ № 1289. Цена договорная.

Одесский Национальный политехнический университет
г. Одесса, проспект Шевченко, 1
